

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

**Návrh zapojení distribuční soustavy po dobu plánovaných
rekonstrukcí zařízení 110 kV**

**Concept of Distribution System Connection During
Planned Reconstructions of 110 kV Equipment**

2013

Bc. Martin Novák

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Martin Novák**
Studijní program: N2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 3907T001 Elektroenergetika
Téma: **Návrh zapojení distribuční soustavy po dobu plánovaných rekonstrukcí zařízení 110 kV**
Concept of Distribution System Connection During Planned Reconstructions of 110 kV Equipment

Zásady pro vypracování:

- o Druhy elektroenergetických sítí a jejich dimenzování.
- o Legislativní rámec - kvalita dodávek elektřiny.
- o Výpočet chodu sítě programem Pas Daisy.
- o Popis vybrané oblasti sítě 110 kV.
- o Vybrané rekonstrukce na období 2014 - 2016.
- o Návrhy zapojení soustavy po dobu plánovaných rekonstrukcí.
- o Kontrola dodržení kritéria N – 1 pro jednotlivé návrhy zapojení.
- o Kontrola možnosti současné realizace jednotlivých rekonstrukcí.
- o Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:


- o Hradílek Z.: Elektroenergetika distribučních a průmyslových sítí, skriptu VŠB-TU Ostrava 2008
- o Krejčí P.: Cvičení z elektroenergetiky, skriptu VŠB-TU Ostrava 2003
- o Santarius, P.: Elektrické stanice a vedení, VŠB Ostrava 1993
- o Manuály programů - Daisy Projektant, MCA
- o PPDS, PPPS, Vyhláška 41/2010 Sb.
- o Další podle pokynů vedoucího práce

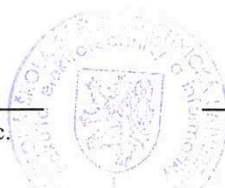
Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Radomír Goňo, Ph.D.**

Datum zadání: 30.11.2012

Datum odevzdání: 07.05.2013


prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry




prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.


V Ostravě dne 7. 5. 2013


.....

Bc. Martin Novák

Souhlasím se zveřejněním této diplomové práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v magisterských programech VŠB-TU Ostrava.

V Ostravě dne 7. 5. 2013


.....

Zástupce společnosti ČEZ Distribuce, a.s.
Ing. Jiří Šoltys

Poděkování:

Rád bych poděkoval vedoucímu své diplomové práce doc. Ing. Radomíru Goňovi, Ph.D a také konzultantovi této práce Ing. Jiřímu Šoltysovi ze společnosti ČEZ Distribuce a. s. za odbornou pomoc a poskytnutí cenných rad při řešení daného problému.

Abstrakt:

Cílem této diplomové práce je navrhnout a výpočtem ověřit možnosti zapojení DS během rekonstrukcí jednotlivých zařízení 110 kV. Rekonstrukce, které plánuje společnost ČEZ Distribuce, a.s v rámci oblasti Morava budou probíhat v letech 2014 - 2016. V teoretické části je provedeno rozdělení elektroenergetických sítí včetně požadovaných hledisek při jejich dimenzování. Je zde probrán legislativní rámec kvality dodávek elektrické energie s ohledem na přerušení přenosu nebo distribuce elektřiny včetně jednotlivých ukazatelů nepřetržitosti přenosu nebo distribuce. Jsou zde stručně popsána PPDS a PPPS. V praktické části je popsána vybraná část sítě 110 kV, ve které budou probíhat jednotlivé rekonstrukce. Jsou zde provedeny a srovnány výpočty ustáleného stavu před a po změně zapojení nutného pro jednotlivé rekonstrukce. Výpočty byly prováděny pomocí softwaru PAS DAISY Off - line na základě vstupního souboru vycházejícího z hodnot měření ze dne 16. 1. 2013. Na vypočtených hodnotách se kontroluje, zda nedochází k přetížení vedení a transformátoru, jestliže dojde ke změně v zapojení distribuční soustavy (dodržení kritéria n-1). Na závěr byla provedena kontrola možnosti současné realizace jednotlivých rekonstrukcí.

Klíčová slova:

Distribuce, distribuční soustava, elektrická energie, elektrické vedení, elektrizační soustava, manipulace, napětí, program PAS DAISY, přenosová soustava, přípojnice, rekonstrukce, rozvodna, síť, transformátor, velmi vysoké napětí.

Abstract:

The aim of this thesis is to design and verify the possibility of calculating the involvement DS during the reconstruction of 110 kV equipment. Reconstruction, which the company plans to CEZ Distribution, a.s. in the region of Moravia will take place in 2014 - 2016 years. The theoretical part is an allocation of electricity networks, including the required aspects of their sizing. There are discusses the legislative framework for quality of electricity supply with regard to the interruption of transmission or distribution of electricity, including indicators of continuousness of transmission or distribution. They are briefly described here PPDS and PPPS. The practical part describe and the selected part network of the 110 kV in which they will take place individual reconstructions. Are performed and compared to calculations of steady state before and after changing the connections required for each reconstruction. The calculations were carried out in the PAS DAISY Off - line, based on the input file based on measurement values of 16 January 2013. On the computed values is checked whether, there is no overloading of lines and transformers, if there is a change concept of distribution system (compliance criteria n-1). At the conclusion was performed checkup possibilities of current implementation of reconstruction.

Key words:

Distribution, distribution system, electrical energy, power line, power system, manipulation, voltage, software PAS DAISY, transmission systém, busbar, reconstructions, substation, networks, transformer, very high voltage.

Seznam použitých symbolů a zkratek:

Seznam zkratek:

ČEPS	Provozovatel přenosové soustavy ČR	ČR	Česká republika
ČSN	Česká státní norma	DS	Distribuční soustava
ENTSO-E	European Network of Transmission System Operators for Electricity (Evropská síť provozovatelů elektroenergetických přenosových soustav)	ERU	Energetický regulační úřad
ES	Elektizační soustava	HOK	Hlavní ocelová konstrukce
MN	Malé napětí	NN	Nízké napětí
PPDD	Pravidla provozování distribučních soustav	PPPS	Pravidla provozování přenosových soustav
PS	Přenosová soustava		
UCTE	Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity (Unie pro koordinaci a přenos elektřiny)	UVN	Ultra vysoké napětí
VN	Vysoké napětí	VVN	Velmi vysoké napětí
ZVN	Zvlášť vysoké napětí		

Seznam veličin a symbolů:

A	Energie přenesená vedením za rok (kWh)	a	Vzdálenost vodičů (m)
A, B, C, D	Blondelovy konstanty (-; Ω ; S; -)	C_k	Kapacita vztažená na kilometr (Ω ; km)
$CAIDI_h$	Průměrné přerušení zákazníka hladiny napětí (minut/přerušení)	$CAIDI_s$	Průměrné přerušení (minut/přerušení)
$\cos\varphi$	Účinník (-)	\cosh, \sinh	Hyperbolické funkce (-)
dx	Element délky (m)	dt	Element času (s)
E	Elektrická pevnost vzduchu ($V \cdot m^{-1}$)	F_K	Dynamickou sílu mezi dvěma vodiči ($N \cdot m^{-1}$)
f_0	Rezonanční kmitočet (Hz)	f_n	Jmenovitý kmitočet (Hz)
G	Hmotnost jednoho metru ($kg \cdot m^{-1}$)	G_K	Svodová vodivost vztažená na kilometr ($S \cdot km^{-1}$)
h	Označení hodnocené napěťové hladiny (nn, vn, vvn) (-)	I_A	Proud zajišťující samočinné působení odpojovacího

			ochranného prvku v době stanovené normou (A)
I_{ξ}	Činná složka proudu (A)	I_j	Jalová složka proudu (A)
I_m	Maximální proud (A)	I_p	Proudové zatížení (A)
I_{th}	Ekvivalentní oteplovací proud (A)	i	Pořadové číslo manipulačního roku v rámci j-té události (-)
i_p	Nárazový zkratový proud (A)	J	Moment setrvačnosti síly (m ⁴)
j	Pořadové číslo v hodnoceném období (-)	K	Koeficient které respektuje teplotu jádra kabelu před a po zkratu (-)
k_1	Koeficient tvaru vodiče respektující rozložení proudu (-)	k_2	Koeficient respektující uspořádání vodičů (-)
k	Koeficient respektující druh a materiál vedení (-)	k_i	Přepočítavající koeficient (-)
L_k	Indukčnost vztažená na kilometr (H . km ⁻¹)	l	Délka vedení (m)
N_s	Celkový počet zákazníků v soustavě (na hladinách NN, VN, VVN) ke konci předchozího kalendářního roku (-)	N_{sh}	Celkový počet zákazníků přímo napájených z napěťové hladiny h ke konci konci předchozího kalendářního roku (-)
n	Roční počet přerušení přenosu elektřiny (-)	N_{jh}	Celkový počet zákazníků přímo napájených z napěťové hladiny h , jimž bylo způsobeno přerušení distribuce elektřiny v důsledku j-té události, která vznikla na hladině h i napěťových hladinách nadřazené soustavě (-)
N_s	Počet zákazníků přímo napájených z napěťové hladiny h , jimž bylo způsobeno přerušení distribuce elektřiny dané kategorie v i -tém manipulačním kroku j -té události	P_2	Přenášený výkon na konci vedení (W)
P_g	Činný výkon generátorů (MW)	P_i	Instalovaný výkon (kW)
$P_{ned i}$	Výkon dopravovaný účastníkovi trhu s elektřinou do předávajícího místa z přenosové soustavy ve kterém došlo k i -tému přerušení přenosu elektřiny, těsně před tímto přerušením (kW)	P_p	Zatížení (příkon) (kW)

P_{p2}	Přenášený výpočtový výkon (kW)	P_s	Činný výkon soustavy (kW)
P_z	Výkonové ztráty (MW)	R	Elektrický odpor (Ω)
R_k	Elektrický odpor vztažený na km ($\Omega \cdot \text{km}^{-1}$)	R_l	Elektrický odpor na jednotku délky ($\Omega \cdot \text{m}^{-1}$)
$SAIDY_h$	Trvání přerušení zákazníka hladiny napětí (minut/rok/zákazník)	$SAIDY_s$	Souhrnné trvání přerušení (minut/rok/zákazník)
$SAIFY_h$	Četnost přerušení zákazníka hladiny napětí (přerušení/rok/zákazník)	$SAIFY_s$	Četnost přerušení (přerušení /rok/zákazník)
S_{1f}	Minimální průřez jedné fáze (mm^2)	$S_{hosp.}$	Hospodárný průřez (mm^2)
S_{min}	Minimální průřez s ohledem na oteplení (mm^2)	T	Tepelný odpor vodiče na jednotku délky ($\text{K} \cdot \text{m} \cdot \text{W}^{-1}$)
T_z	Doba plných ztrát ($\text{hod} \cdot \text{rok}^{-1}$)	t	Počet provozních hodin připojeného zařízení za rok (hod)
t_i	Doba trvání i-tého přerušení přenosu elektřiny (min)	t_j	Doba trvání i-tého manipulačního kroku v rámci j - té události (min)
t_k	Doba trvání zkratu (s)	t_{ph}	Průměrná doba trvání jednoho přerušení přenosu v roce (min)
t_{sj}	Součet všech dob trvání přerušení distribuce elektřiny v důsledku j-té události u jednotlivých zákazníků přímo napájených z napěťové hladiny h, jimž byla přerušena distribuce elektřiny (min)	U_0	Jmenovité napětí proti zemi (V)
$\overline{U}_1, \overline{I}_1$	Fázové napětí a proud na začátku vedení (V; A)	$\overline{U}_2, \overline{I}_2$	Fázové napětí a proud na konci vedení (V; A)
U	Napěťová hladina (kV)	U_f	Fázové napětí (V)
U_s	Sdružené napětí (V)	$\overline{U}_x, \overline{I}_x$	Efektivní hodnota napětí a proudu v určitém místě (V; A)
ΔU	Úbytek napětí (V)	u, i	Okamžitá hodnota napětí a proudu v čase (V; A)
$u(x), i(x)$	Okamžitá hodnota napětí a proudu v určitém místě (V; A)	$W_{ned i}$	Nedodaná elektrická energii (MWh)
X	Reaktance (Ω)	Y_1	Admitance (S)
Z_1	Impedance (Ω)	Z_s	Impedance poruchové smyčky (Ω)

Z_V	Vlnová impedance (Ω)	β	Součinitel náročnosti (-)
γ	Činitel šíření (km^{-1})	ρ	Rezistivita ($\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$)
σ	Proudová hustota ($\text{A} \cdot \text{m}$)	ϑ_0	Teplota okolí (K)
ϑ_m	Teplota jádra vodiče (K)	$\Delta\vartheta_m$	Maximální dovolený teplotní jádra vodiče a okolí (K)
§	Paragrafové označení (-)		

Seznam dispečerských zkratk příslušných rozvodů:

ALB rozvodna Albrechtice	MART rozvodna Martinov
BIOC rozvodna Biocel	MOHE rozvodna Mohelnice
BRID rozvodna Břidličná	NOS rozvodna Nošovice
BRUN rozvodna Bruntál	ODRY rozvodna Odry
CERV rozvodna Červenka	OPJA rozvodna Opava - Jatkař
ČSAR rozvodna ČS armáda	PRN rozvodna Prosenice
DCSM rozvodna důl ČSM	PRIR rozvodna Příbor
DDKL rozvodna Dukla	RAJK rozvodna Raječok
DLUH rozvodna Dluhonice	RIVI rozvodna Riviéra
DOUV rozvodna Doubrava	RYLV rozvodna Rychlov
ELDE elektrárna Dětmarovice	ROPC rozvodna Ropice
FRNZ rozvodna Frenštát západ	SDCD rozvodna Suchdol ČD
FRYO rozvodna Frydlant	DSTA rozvodna Staříč 2
HAVB rozvodna Havířov	STCD rozvodna Studénka
HDLN rozvodna Hodolany	SUMP rozvodna Šumperk
HOSE rozvodna Hořtice	ETBE elektrárna Třebovice
HRNE rozvodna Hranice	TKV teplárna Karviná
HSCD rozvodna Hoštejn	VITK rozvodna Vítkov
HZI rozvodna Horní Životice	VRAT rozvodna Vratimov
KLT rozvodna Kletné	VYSC rozvodna Výškovice
KRNV rozvodna Krnov	ZLIS rozvodna železářny Lískovec
LIS rozvodna Lískovec	

Obsah:

1. Úvod	1
2. Elektrizační soustava ES	2
2.1. Výkonová bilance.....	4
2.2. Přenosová soustava (PS)	4
2.3. Distribuční soustava (DS)	5
2.3.1. Uspořádání distribuce	7
2.4. Elektroenergetické sítě	9
2.5. Sítě průběžné.....	10
2.6. Sítě paprskové	10
2.7. Sítě mřížové	11
2.8. Okružní sítě	13
2.9. Sítě hřebenové.....	14
3. Dimenzování vodičů.....	15
3.1. Dimenzování vedení VVN a ZVN	20
4. Legislativní rámec - kvalita elektřiny	25
4.1. Pravidla provozování přenosových soustav (PPPS).....	26
4.2. Pravidla provozování distribučních soustav (PPDS).....	26
4.3. Rozdělení přerušení přenosu nebo distribuce elektřiny	27
4.4. Ukazatele nepřetržitosti a spolehlivosti dodávky elektrické energie	28
4.4.1. Vztahy pro výpočet nepřetržitosti distribuce elektřiny	29
4.4.2. Vztahy pro výpočet nepřetržitosti přenosu elektřiny	30
5. Výpočtový software PAS DAISY.....	31
5.1. Příklady výpočtu zatížení vedení a transformátorů z toku činného a jalového výkonu ...	32
5.2. Popis vybrané oblasti sítě 110 kV	33
5.2.1. Současný stav sítě 110 kV oblasti Morava.....	40
5.3. Rozvodna Nošovice (NOS).....	41
5.4. Rozvodna Albrechtice (ALB)	41
5.5. Rozvodna Horní Životice (HZI).....	42
5.6. Rozvodna Krasíkov (KRA).....	42
5.7. Rozvodna Lískovec (LIS)	43
5.8. Rozvodna Prosenice (PRN).....	43
5.9. Rozvodna Kletné (KLT).....	43
6. Rekonstrukce na období 2014 - 2016	44

6.1.	Rekonstrukce vedení V595, V596 v úseku RAJK - SUMP	44
6.1.1.	Kontrola kritéria n-1 v 1. etapě rekonstrukce vedení V595a, V596a	46
6.1.2.	Kontrola kritéria n-1 ve 2. etapě rekonstrukce vedení V595b, V596b	49
6.2.	Rekonstrukce vedení V587, V588, V572 v úseku RAJK - MOHE - CERV	50
6.2.1.	Kontrola kritéria n-1 v 1. etapě rekonstrukce vedení V588, V587, V572	52
6.2.2.	Kontrola kritéria n-1 ve 2. etapě rekonstrukce vedení V588, V587, V572	56
6.2.3.	Kontrola kritéria n-1 ve 3. etapě rekonstrukce vedení V588, V587, V572	58
6.3.	Výměna transformátorů VVN/VN T101 rozvodna Frydlant (FRYO)	58
6.3.1.	Kontrola kritéria n-1 při výměně transformátorů VVN/VN T101 ve FRYO	62
6.4.	Výměna transformátorů PS/DS T202 rozvodna Lískovec (LIS)	64
6.4.1.	Kontrola kritéria n-1 při výměně transformátorů PS/DS T202 v LIS	65
6.5.	Výměna transformátorů PS/DS T402 rozvodna Nošovice (NOS)	66
6.5.1.	Kontrola kritéria n-1 při výměně transformátorů PS/DS T402 v NOS (Varianta č. 1)	67
6.5.2.	Kontrola kritéria n-1 při výměně transformátorů PS/DS T402 v NOS (Varianta č. 2)	69
6.6.	Rekonstrukce rozvodny Prosenice 123 kV (110 kV)	70
6.6.1.	Kontrola n- 1 v 1. etapě rekonstrukce rozvodny Prosenice 123 kV	73
6.6.2.	Kontrola n- 1 ve 2. etapě rekonstrukce rozvodny Prosenice 123 kV	76
7.	Kontrola možnosti současné realizace jednotlivých rekonstrukcí.....	77
8.	Závěr	79
	Seznam příloh:.....	82
	Seznam obrázků:.....	85
	Seznam tabulek:	86
	Seznam použité literatury:	87

1. Úvod

Elektrická energie je v dnešní době nedílnou součástí každodenního života. Využívá se pro napájení jednotlivých spotřebičů, zařízení apod. Odběrateli této energie jsou jak soukromé tak i právnické subjekty. Je tedy nezbytné zajistit těmto subjektům spolehlivou dodávku této energie v požadovaném množství a kvalitě. Spolehlivou dodávku el. energie je potřeba zajistit i v nepříznivých situacích jako jsou poruchy, odstávky z důvodu rekonstrukcí atp. Z toho důvodu je ES tvořena jako vzájemně propojený soubor zařízení pro výrobu, přenos, transformaci a distribuci elektřiny. Díky tomu je možné zajistit napájení při výpadku (plánovém popřípadě neplánovaném) z jiné části této soustavy (popř. jiných ES) pomocí různých manipulací v síti. Tyto manipulace nazýváme rekonfigurace a redispečink sítě. Rekonfiguraci rozumíme jiné zapojení vedení elektrizační soustavy, kdežto redispečink je přerozdělení výkonu mezi elektrárnami nacházejícími se v jiném místě elektrizační soustavy. Elektrizační soustavu dále členíme podle funkce a napěťové hladiny na přenosovou a distribuční soustavu.

V této práci je řešena problematika zajištění napájení při rekonstrukcích jednotlivých zařízení 110 kV (transformátory, vedení, rozvodna) v distribuční soustavě. Jednotlivé rekonstrukce DS probíhají v tzv. oblasti Morava, která spadá pod působnost společnosti ČEZ Distribuce, a.s. Při návrhu zapojení DS po dobu plánovaných rekonstrukcí je také nutné dodržet spolehlivostní kritérium $n - 1$. Díky tomu zajistíme i při výpadku napájení, které bude po dobu rekonstrukce spolehlivou dodávku el. energie, jelikož bude postižená oblast napájena z „druhé“ strany (např. z jiné uzlové oblasti). Uvažované rekonstrukce jednotlivých zařízení 110 kV v této práci jsou plánované na období 2014 - 2016. Pro výpočty ustáleného chodu DS je využit software PAS DAISY Off - line. Na základě vstupního souboru, který vychází z hodnot zimního měření provedeného dne 16. 1. 2013 byly provedeny a srovnány výpočty ustaveného stavu sítě před a po změně zapojení (rekonfiguraci sítě) potřebného pro jednotlivé rekonstrukce. Na závěr došlo ke zhodnocení jednotlivých variant zapojení a kontrole možnosti současné realizace jednotlivých rekonstrukcí.

2. Elektrizační soustava ES

Slouží k přenosu a rozvodu elektrické energie z místa výroby až do místa spotřeby. Skládá se ze zdrojů, sítě a spotřebičů (*Obr. č. 1*), tudíž je možné říci, že je v ní obsažena jak přenosová část, tak distribuční (rozvodná) část. Přenosová soustava přenáší velké výkony mezi hlavními uzly ES, kdežto distribuční soustava nám rozděluje elektrickou energii z napájeného uzlu do jednotlivých skupin nebo oblasti spotřebičů. [1]

ES je možné chápat, jako jakýsi dynamický systém tzn. systém, u kterého okamžitá hodnota vnitřních stavových veličin závisí na okamžitých hodnotách řízení a stavu systému v daném okamžiku. V rovnovážném stavu ES jsou stavové veličiny konstantní. V případě, že dojde k zapnutí nebo vypnutí vedení, sepnutí přípojníc, zkratům apod. (změna parametru ES) dochází v této soustavě ke vzniku přechodových jevů, které mají za následek po svém odeznění nový rovnovážný stav.

ES tvoří páteř přenosové soustavy, která je charakterizována: [2]

- a) Sítěmi 400 kV a 220 kV (včetně vybraných vedení 110 kV),
- b) Vyvedením velkých výkonů (systémové elektrárny),
- c) Hraničním vedením (k propojení se soustavami sousedních států),
- d) Transformací na napětí 110 kV.

Distribuční část ES je charakterizována: [2]

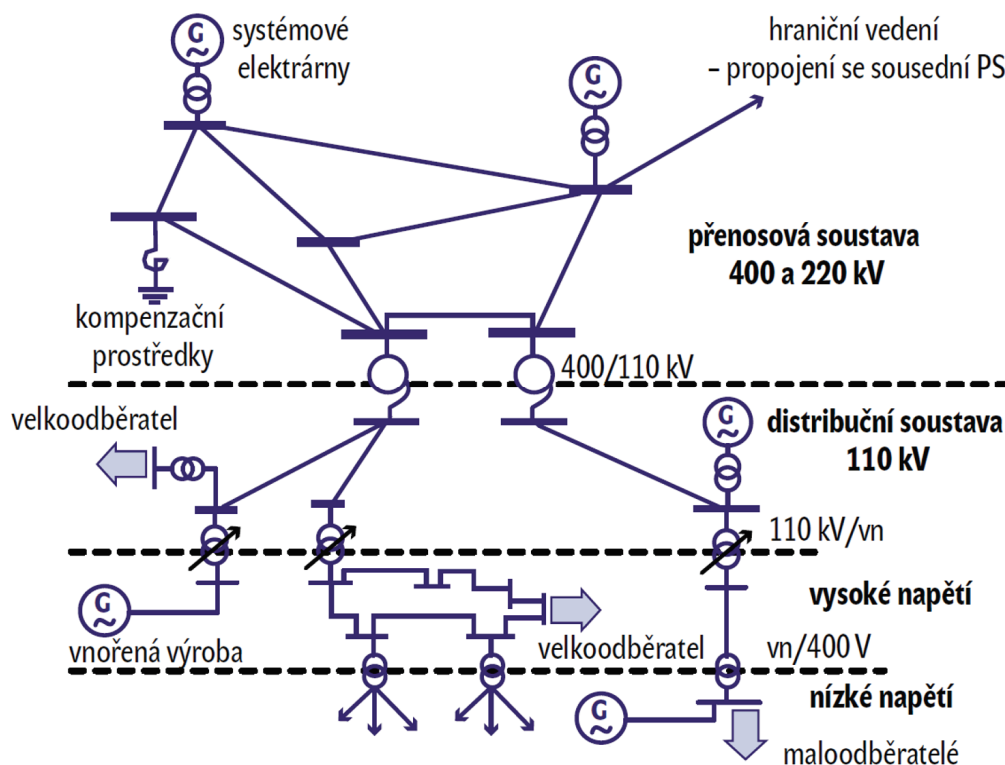
- e) Napětíovou úrovní 110 kV až po nízké napětí (NN),
- f) Radiálními nebo okružními sítěmi,
- g) Zásobování velkoodběratelů (z vyšších hladin napětí) a maloodběratelů (z hladiny nízkého napětí 400/230 V),
- h) Vnořenou výrobou (jsou do ní vyvedeny zdroje nižších výkonů).

Elektrizační soustava musí splňovat následující požadavky: [1]

- Zajišťovat bezpečnost osob,
- Dodávat v dostatečné míře kvalitní a spolehlivou elektrickou energii odběratelů,
- Vysokou účinnost,
- Hospodárnost provozu,
- Pracovat s vyššími parametry a s větším počtem zdrojů a elektrických stanic (zvýšením napětí se sníží v konečném důsledku ztráty, které vznikají se čtvercem proudu procházejícího vodičem),
- Snížit pracovní dobu v provozu a údržbě,
- Využívat odpadní teplo (teplárny).

V České republice přenášíme elektrickou energii ze soustav 3~50 Hz 400 kV a 3~50 Hz 220 kV, které jsou v provedení s účinně uzemněným uzlem. Soustavy pracující na hladině 220 kV se u nás dále už nerozvíjejí. V okolních státech je možné najít i přenosové soustavy pracující s napětími 500 kV, 750 kV a 1150 kV. Takto vysoké hodnoty se vyplatí využívat především u těch států, které mají podstatně vyšší rozlohu území než ČR. Využívají takto vysoké hodnoty napětí, jelikož přenášejí velké výkony na velké vzdálenosti s pokud možno co nejmenšími ztrátami, které vznikají při tomto přenosu. [1]

Elektrárny jsou zapojeny buď přímo do přenosové soustavy nebo za pomoci zvyšovacího transformátoru jsou zapojeny do sítě 110 kV, které pracují do přenosových soustav. Jednotlivé uzly přenosové soustavy se skládají z elektrických stanic, které nám umožňují spínat různé větve soustavy. V elektrických stanicích transformujeme přenosové napětí (400 kV, 220 kV) na distribuční napětí 110 kV v transformovnách 400/110 kV popřípadě 220/110 kV. Elektrické stanice nám tedy slouží k napájení veřejných rozvodných soustav. Propojují nám sítě různých proudových a napěťových soustav, přes které se také jednotlivé sítě navzájem ovlivňují. Musí být voleno optimální umístění a počet těchto stanic, tak aby umožňovaly všechny transfigurace soustavy. [1]



Obr. č. 1. Uspořádání elektrizační soustavy [2]

2.1. Výkonová bilance

Výkonová bilance a směry toku výkonů souvisí se zajištěním dostatečného množství elektrické energie v ES. Výroba elektrické energie musí probíhat v době, kdy se uskutečňuje spotřeba této energie. Musí být v každém časovém okamžiku udržována rovnováha výkonu v ES mezi výrobou a spotřebou el. energie. Pro výkonovou rovnováhu v propojené ES platí následující vztah: [4]

$$\sum P_G = \sum P_S + \sum P_Z \quad (\text{MW}) \quad (2.1)$$

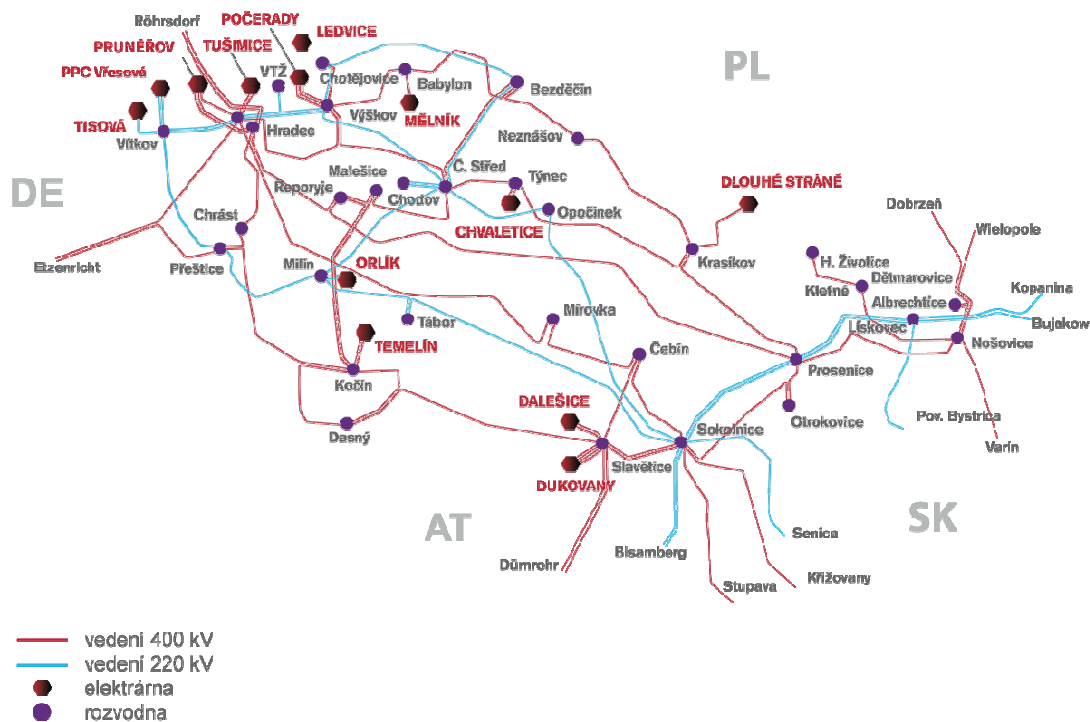
kde $\sum P_G$ Součet činných výkonů dodávaný generátory do ES (MW),
 $\sum P_S$ Součet činného zatížení ES včetně vlastní spotřeby elektráren (MW),
 $\sum P_Z$ Celkové ztráty v síti (MW).

Určující je bilance činného výkonu, která se nám promítá do změny frekvence. Prvky ES jsou konstruovány pro provoz při jmenovité frekvenci $f_n = 50$ Hz. [4]

2.2. Přenosová soustava (PS)

Přenosová soustava někdy také nazývána nadřazená soustava je definována jako vzájemně propojený soubor vedení a zařízení 400 kV, 220 kV a vybraných vedení a zařízení 110 kV, sloužící pro zajištění přenosu elektrické energie pro celé území ČR a propojení s elektrizačními soustavami sousedních států, včetně systémů měřicích, ochranných, řídicích, zabezpečovacích, informačních a telekomunikačních technik. Provoz sítě je s přímo uzemněným uzlem. Pracuje v synchronním režimu s ostatními státy kontinentální Evropy v soustavě UCTE. Je zřizována a provozována ve veřejném zájmu. V podstatě tvoří přenosovou cestu pro napájení velkých uzlů nebo stanic. Provozování přenosových sítí v České republice má na základě licence podle Energetického zákona 458/2000 Sb. státní společnost ČEPS - Česká přenosová soustava. Tato společnost dispečersky řídí provoz zařízení přenosové soustavy a systémových zdrojů na našem území a zároveň se stará o spolehlivý a bezpečný přenos jak v rámci českého trhu s elektřinou, tak v rámci Evropského trhu s elektřinou. Řídí se kodexem přenosové soustavy, který slouží k zajištění bezpečného a ekonomického provozu PS a také se řídí vlastními provozními předpisy. Přenosová soustava ČR tvoří jakousi regulační oblast tzn. musí být schopna regulovat vyráběný výkon, tak aby bylo dosaženo výkonové rovnováhy v reálném čase a regulovala frekvenci v propojené soustavě. Aby udržela výkonovou rovnováhu musí také regulovat toky výkonu, které přes ní v rámci propojené soustavy přecházejí z okolních států (především Německo) ve snaze dostat se do sousedních států (např. Rakousko). V opačném případě by mohlo v důsledku nerovnováhy mezi výrobou a spotřebou el. energie dojít až k rozpadu ES na jednotlivé ostrovní provozy a mohl by nastat tzv. Black - out. [2], [4]

Schéma rozvodné sítě v ČR



Obr. č. 2. Schéma přenosové sítě ČR (rok 2012) [9]

Tab. č. 1. Napěťové úrovně vedení ČEPS a jejich celková délka vedení (rok 2011)[9]

Vlastník:	Napěťová hladina U [kV]	Trasy vedení l [km]	Délka jednoduchého Vedení l [km]	Délka dvojitého a vícnásobného vedení l [km]
ČEPS, a. s.	400	3 008	3 508	1 145
	220	1 349	1 910	1 039
	110	45	83	77

2.3. Distribuční soustava (DS)

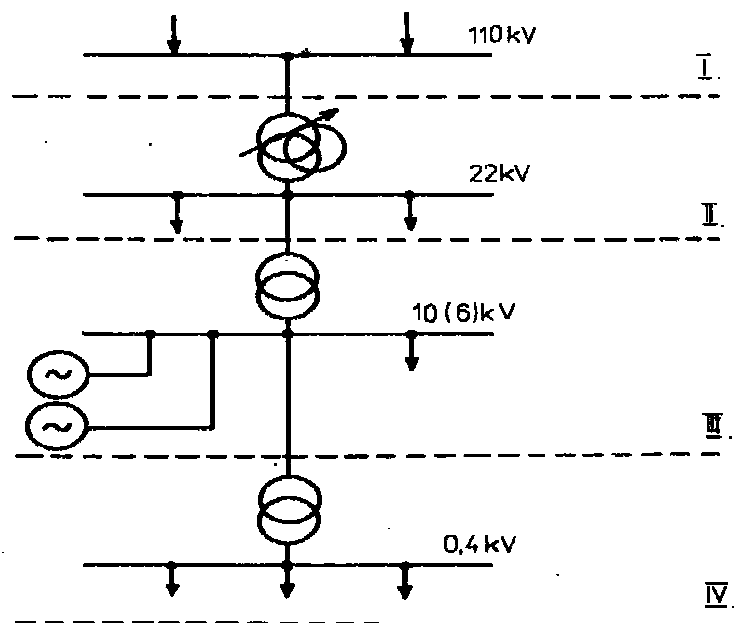
Distribuční (rozvodná) soustava tvoří část ES a slouží pro dodávku elektrické energie koncovým odběratelům. Jedná se v podstatě o soubor vzájemně propojených zařízení a vedení 110 kV (s výjimkou vybraných zařízení a vedení 110 kV, které jsou součástí přenosové soustavy) a vedení a zařízení s napětím 0,4/0,23 kV, 1,5 kV, 3 kV, 6 kV, 10 kV, 22 kV, 25 kV a 35 kV, která slouží k distribuci elektrické energie na území ČR, včetně systému měřicí, ochranné, řídicí, zabezpečovací, informační a telekomunikační techniky. Současně slouží také

k připojování výroben elektřiny o malých výkonech (řádově desítky MW). Tyto sítě jsou vytvářeny a provozovány ve veřejném zájmu. V ČR patří mezi nejvýznamnější provozovatele distribučních soustav ČEZ Distribuce, a. s., provozující distribuční soustavu na území krajů Plzeňského, Karlovarského, Ústeckého, Libereckého, Středočeského, Pardubického, Králové - hradeckého, Olomouckého, Moravskoslezského a Zlínského. Dále je to společnost E. ON Distribuce, a. s. provozující distribuční soustavu na území krajů Jihočeského, Vysočiny a Jihomoravského. Poslední větší společnost je PREdistribuce, a. s., provozující distribuční soustavu na území Hlavního města Prahy a města Roztoky u Prahy. Rozdělení distribuční sítě podle těchto 3 nejvýznamnějších firem je zobrazeno na Obr. č. 4. [2]

Distribuční síť VVN - tyto sítě přenášejí napětí 110 kV. Tvoří základní pilíř distribuční soustavy. Zajišťují přenos elektrické energie z uzlových transformoven ZVN/VVN do transformoven 110/VN kV. Provoz sítě je s přímo uzemněným uzlem. Jsou provozovány jako okružní rozvod. Díky tomuto provozu je možné vedení chránit distančními ochranami. Mají vysokou spolehlivost a nízkou četnost poruch. Okružní rozvod je zpravidla zálohovaný (napájený ze dvou stran), takže v případě poruchy (při správném působení ochrany) nedochází k přerušení dodávky elektrické energie odběratelům. Vedení jsou nejčastěji konstruována jako dvojítá (dvě vedení na jednom stožáru), avšak v ČR se vyskytují i vedení jednoduchá, trojitá popřípadě čtyřnásobná. [2]

Distribuční síť VN - V ČR je provozováno jak nadzemní tak podzemní (kabelové) vedení VN. Provoz sítě je s nepřímo uzemněným uzlem (izolované, připojené přes tlumivku popřípadě odpor). Ve většině případů jsou provozovány jako paprskový rozvod výjimečně jako průběžný rozvod. V městských aglomeracích toto řešení většinou umožňuje řadu propojení do dvojpaprskového nebo okružního rozvodu. Převážně pracují s napětím 22 kV s výjimkou 35 kV, které se používají ve Východních Čechách a částečně i v Severních Čechách. Z dob minulých se na našem území vyskytují i sítě s napětím 3 kV, 6 kV a 10 kV, které se ovšem dále nerozvíjejí a jsou nahrazovány sítěmi s napětím 22 kV resp. 35 kV. Vedení 22 kV slouží k rozvodu elektrické energie do center spotřeby, jako jsou obce, města, apod. a k zásobování středoodběratelů. [2]

Distribuční síť NN - Vedení nízkého napětí je v České republice provozováno jak nadzemní tak i kabelové. Provoz sítě je s přímo uzemněným uzlem. Sítě jsou provozovány převážně paprskovým a průběžným rozvodem s unifikovaným napětím 3x230/400 V. Husté městské sítě jsou pak v provedení mřížovém. Slouží k zásobování jednotlivých odběratelů el. energií. Mají omezenou schopnost přenosu na určenou vzdálenost. Limitujícím parametrem je úbytek napětí.[2]



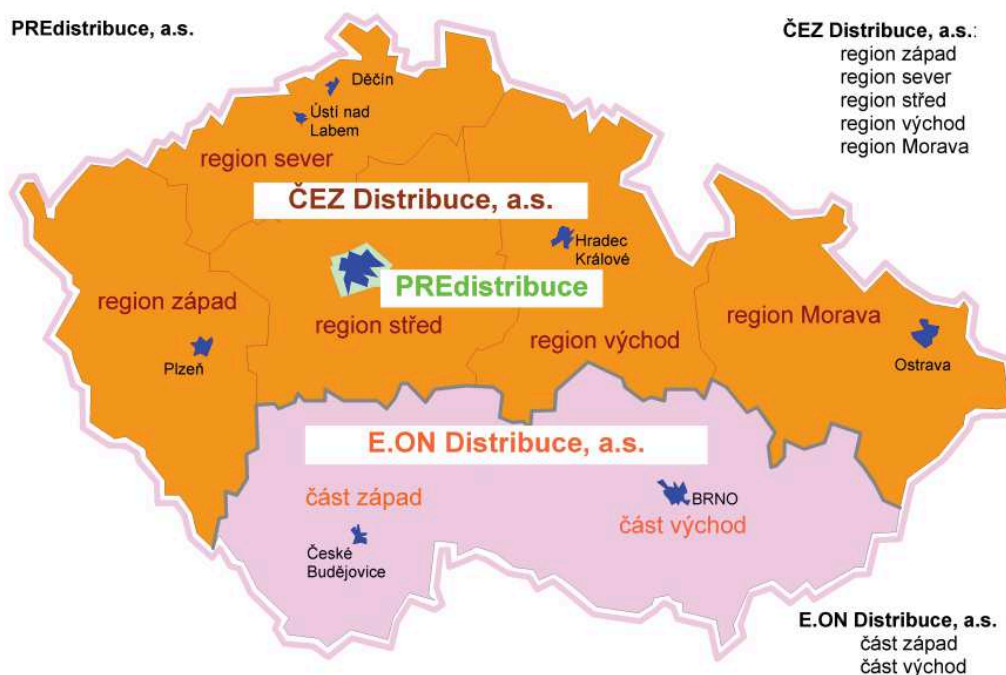
Obr. č. 3. Návaznost jednotlivých hladin napětí distribučních soustav [1]

2.3.1. Uspořádání distribuce

Z hlediska uspořádání můžeme síť rozdělit na dva způsoby a to buď jako otevřený rozvod nebo uzavřený rozvod.

- Otevřený rozvod - elektrická energie je dodána ke spotřebiči jednou cestou,
- Uzavřený rozvod - elektrická energie je dodána ke spotřebiči ze dvou nebo více stran.

Za otevřený rozvod je možné považovat průběžnou a paprskovou síť. Kdežto za uzavřený rozvod považujeme mřížovou a okružní síť. Pro volbu vhodného druhu rozvodu vycházíme z hlediska rozdělení výkonu v síti a z hlediska hospodárnosti a bezpečnosti provozu. [2]



Obr. č. 4. Rozdělení distribuční sítě v ČR [2]

Tab. č. 2. Délky vedení jednotlivých distributorů el. energie na různých napěťových hladinách (stav k 1. 1. 2011)[8]

Vlastník:	Napěťová hladina [-]	Délka venkovních Vedení l [km]	Délka kabelových vedení l [km]
ČEZ Distribuce, a.s.	NN	47 962	50 677
	VN	40 131	9 777
	VVN	9 707	13
E. ON Distribuce, a.s.	NN	16 838	22 902
	VN	18 630	3 533
	VVN	2 391	6
PRE Distribuce, a.s.	NN	80	7 756
	VN	117	3 746
	VVN	144	58
Celkem ČR	NN	64 880	81 335
	VN	58 878	17 056
	VVN	12 242	77

2.4. Elektroenergetické sítě

Jedná se o souhrn vedení a stanic stejného napětí galvanicky propojených, které slouží pro přenos a rozvod elektrické energie. Elektrické sítě, které spadají do různých napěťových a proudových soustav jsou od sebe odděleny měnícími a transformovny. Při návrhu těchto sítí je nutné brát v potaz, že sítě dimenzujeme podle odběrného místa (typu odběru), které mohou mít různá specifika (např. doly, hutě apod.).

Rozdělení elektroenergetických sítí:

Tyto sítě je možné rozdělit podle několika nejdůležitějších hledisek a kritérií.

a) Podle napěťové a proudové soustavy:

- Střídavé sítě (v ČR s kmitočtem 50 Hz),
- Stejnosměrné sítě,

b) Podle hladiny napětí:

- Sítě malého napětí (MN) - do 50 V včetně,
- Sítě nízkého napětí (NN) - do 1000 V včetně,
- Sítě vysokého napětí (VN) - do 52 kV včetně,
- Sítě velmi vysokého napětí (VVN) - do 300 kV včetně,
- Sítě zvlášť vysokého napětí (ZVN) - do 800 kV včetně,
- Sítě ultra vysokého napětí (UVN) - nad 800 kV,

c) Podle účelu:

- Přenosové sítě - (ZVN 400 kV, 220 kV a vybrané sítě VVN 110 kV),
- Distribuční (rozvodné) sítě - (vybrané sítě VVN 110 kV, VN 35 kV, 22 kV, 10 kV a 0,4 kV),

d) Podle parametrů:

- Sítě s prostorově rozloženými parametry - (dlouhá vedení - VVN a ZVN sítě), respektujeme činný odpor, indukčnost L a kapacitu C . U sítí s jmenovitým napětím 400 kV a vyšším respektujeme ještě svodovou vodivost G),
- Sítě s prostorově soustředěnými parametry - (krátká vedení - NN a VN sítě), u stejnosměrných sítí respektujeme pouze činný odpor R a u střídavých sítí činný odpor R a indukčnost L),

e) Podle topologie:

- Sítě průběžné

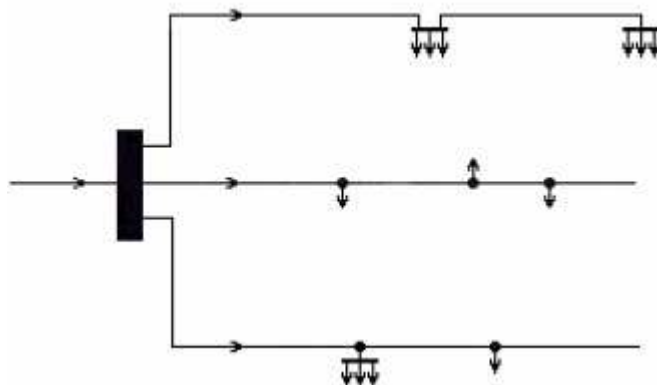
- Sítě paprskové
- Sítě mřížové
- Sítě okružní
- Sítě hřebenové

f) Podle provedení:

- Sítě s izolovanými vodiči
- Sítě s holými vodiči
- Sítě s kabely

2.5. Sítě průběžné

Tento rozvod je typický pro osvětlovací komunikace, ale je možné jej použít i pro napájení maloodběratelů na vesnicích nebo pro napájení větších a rozlehlějších průmyslových hal s drobnějšími spotřebiči, či pro osvětlení velkých prostorů. Vzhledem ke své konfiguraci je nutné použít u vývodního vedení z napájecí rozvodny větší průřezy než na konci vedení. Tím se samozřejmě zvětší náklady na jištění, ale zároveň se díky použití různých průřezů sníží investiční náklady na výstavbu. Charakterizuje ho dlouhé průběžné vedení, ze kterého jsou vyvedeny odbočky pro napájení jednotlivých spotřebičů nebo podružných stanic připojených paprskovou nebo smyčkovou odbočkou. Výhoda průběžného rozvodu spočívá v jednoduchosti vyhledávání poruch a přehlednosti. Za základní nevýhodu tohoto rozvodu lze považovat malou provozní spolehlivost. [7]

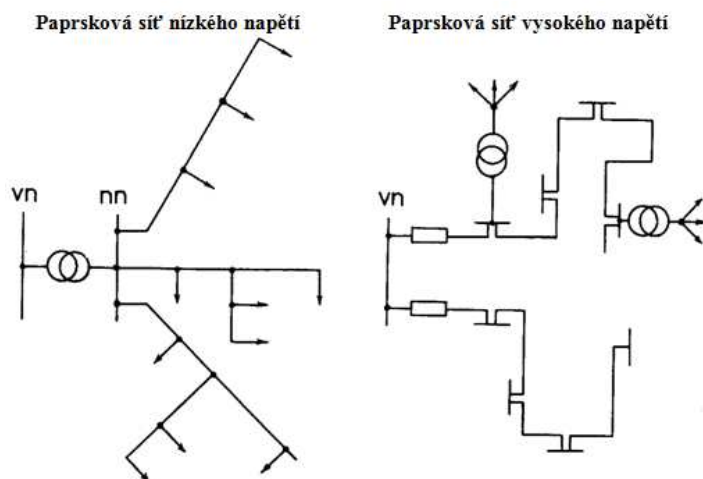


Obr. č. 5. Schéma průběžné sítě [14]

2.6. Sítě paprskové

Jedná se o nejjednodušší a nejlevnější variantu rozvodu. Z toho plyne, že zde nebude vysoká provozní spolehlivost (stejná jako u průběžné sítě), jelikož zde v případě poruchy neexistuje jiná cesta pro napájení postiženého paprsku. Vedení vychází z transformovny nebo spínací stanice a zásobuje jednotlivé odběry. Paprsky jsou vedeny samostatně a nelze je

vzájemně spojovat. Tato síť se kvůli své malé provozní spolehlivosti používá méně než ostatní typy sítě. Používá se především pro distribuci el. energie v malých městech, vesnicích a horských oblastech. [7], [1]



Obr. č. 6. Schéma papřskové sítě nízkého a vysokého napětí [1]

2.7. Síť mřížové

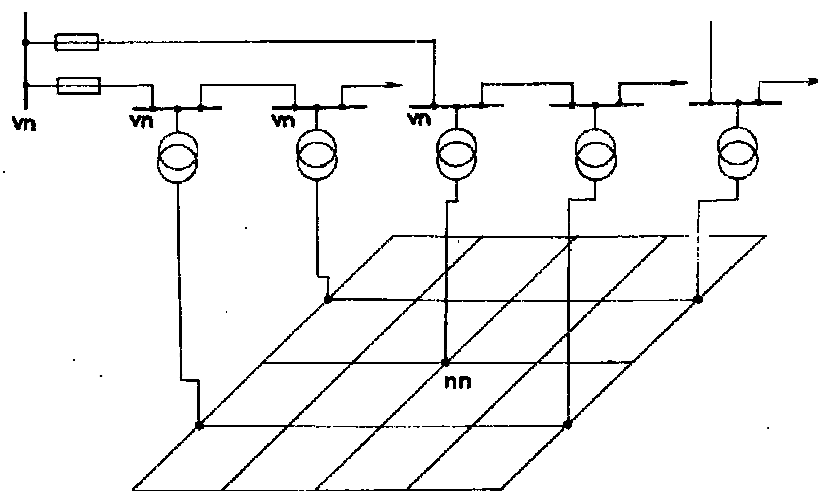
Díky zvyšujícímu se zatížení papřskových sítí bylo nutné začít s výstavbou nových napájecích uzlů a ke vzniku zauzlených sítí (mřížových sítí). Mřížový rozvod je tvořen vždy minimálně dvěma napájecími místy s hlavními rozvaděči a hustou sítí vzájemně propojených podružných rozvaděčů. Tím dostáváme rozvod, kde jednotlivé podružné rozvaděče jsou napájeny ze dvou či více směrů. Avšak některé uzlové rozvaděče mohou propojovat i více papřsků. Uplatnění těchto sítí je převážně u kabelových sítí NN v hustých městských zástavbách a u velkých a rozsáhlých průmyslových závodů. Obvykle je tato síť tvořena kabely jednotného průřezu. Pro svou variabilitu napájecích cest mají vysokou provozní spolehlivost (nejspolehlivější ze všech typů rozvodů), avšak ta je podmíněna vysokými pořizovacími náklady a menší využitelností spojovacích cest. Mezi další nevýhody patří častější vznik zkratových proudů a nebezpečí možného vzniku zpětného napětí vznikajícího při rozpojení mřížové sítě pojistkami. [7], [6]

Tyto sítě je možné rozdělit na zjednodušené a klasické mřížové sítě.

Zjednodušená mřížová síť - Primární síť VN tvoří jeden napáječ, který je v podstatě řešený jako sepnutá okružní síť. Napáječ je zaústěn do jedné nebo dvou napájecích rozvodů VN a je třeba ho dimenzovat na zatížení v dané oblasti. Sekundární síť NN tvoří venkovní vedení, proto se využívá v oblastech s menší hustotou zástavby. Venkovní vedení nám tvoří jakousi zauzlenou síť, ve které se zajišťuje paralelní provoz distribučních trafostanic. Mezi

sekundárními vedeními těchto trafostanic jsou vedení silnějšího průřezu tzv. magistrální vedení, ze kterých vedou odbočky. Magistrální vedení tvoří samostatné okruhy, které jsou jistěny v distribučních trafostanicích výkonovými pojistkami. V podstatě je zjednodušená mřížová síť sestavena a jistěna tak, že při poruše nám postižený úsek selektivně odpojí pojistky slabé vazby a ostatní části musí zůstat v provozu. [1]

Pojistky hlavní HV vazby by měli reagovat na „závažnější“ poruchy jako jsou zkraty, kdežto pojistky slabé vazby SV by měli reagovat na přetížení. Aby to mohlo být splněno je nutné, aby poměr jmenovitých proudů mezi pojistkami hlavní vazby HV a slabé vazby SV byl $\frac{HV}{SV} = \frac{2}{1}$, tím dosáhneme toho, že pojistky slabé vazby SV vypnou dříve. Pojistky slabé vazby SV se umísťují v místě kritického průřezu, tzn. v místě s největším úbytkem napětí a odpojují vadný úsek před pojistkami hlavní vazby HV. [1]



Obr. č. 7. Klasická mřížová síť [1]

Jištění mřížových sítí

V síti VN jsou vývody z napájecí rozvodny jistěny vypínačem s nadproudovou ochranou. Na primární straně transformátorů jsou připojeny pojistky a na sekundární straně je vypínač se směrovým (zpětným) relé zpětného toku (impuls k vypnutí jde od směrového relé). V síti NN se používají výkonové pojistky s pomalou charakteristikou. Výkonové pojistky musí mít ve všech uzlech stejný jmenovitý proud. Jmenovitý proud se volí podle maximálního proudu v kabelu (podle průřezu kabelu). [6]

V případě poruchy na napájecím vedení VN vypínají téměř současně hlavní vypínač a vypínač NN a to u všech transformátorů, které jsou napájeny z toho postiženého vedení, jelikož

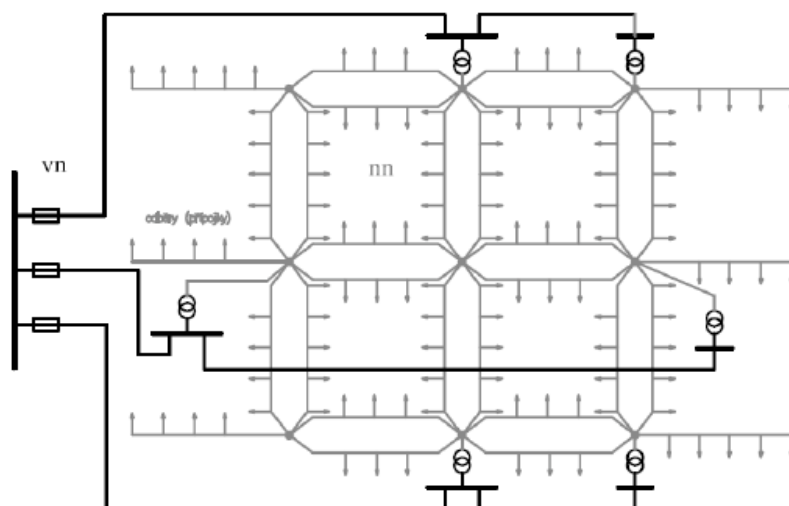
do zkratu prochází proud taky přes síť NN z jiných napáječů VN. Na tuto situaci zareaguje relé zpětného toku proudu a vypne vývod. [6]

Pokud dojde k poruše na transformátoru, tak zareaguje pojistka připojena na primární straně tohoto transformátoru a odpojí síť VN, současně s ní zareaguje i relé zpětného toku a odpojí síť NN. Tím je vyřazen z provozu pouze jeden transformátor. [6]

Pokud dojde v síti NN ke zkratu, tak se hodnota vzniklého zkratové proudu v sousedních uzlech poruchového vedení rozdělí na třetinu hodnoty porušeného vedení. Díky stejné jmenovité hodnotě pojistek dojde pouze k vypnutí poškozeného vedení. [6]

Městské sítě:

Jedná se o specifické mřížové sítě, které jsou výhradně distribučního charakteru. Téměř výhradně jsou v kabelovém provedení.

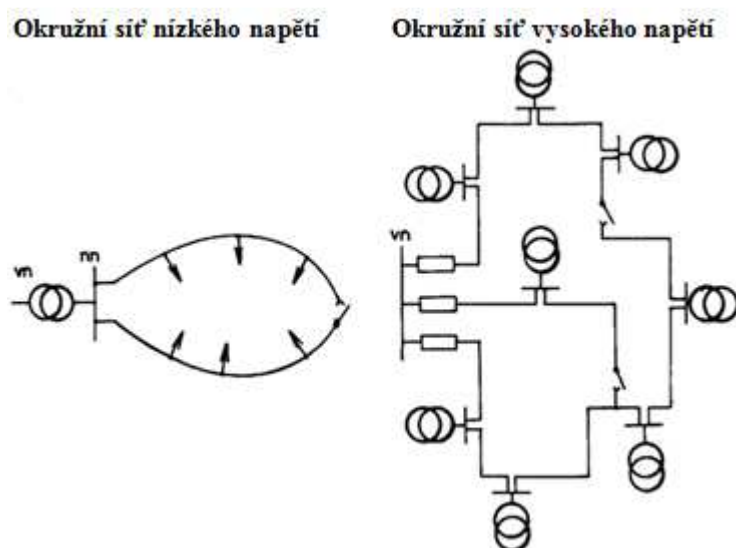


Obr. č. 8. Městská síť [6]

2.8. Okružní síť

Tato síť je také někdy nazývána jako smyčková síť, tvoří uzavřený obvod, který napájí jednotlivé paprskové a smyčkové odbočky ke spotřebičům nebo k podružným rozvaděčům. Jednotlivé polosmyčky jsou vyvedeny tak, aby se daly ve spínacích trafostanicích sepnout. Provozují se jako rozepnuté nebo sepnuté. Obvykle rozepnuté tedy jako paprskové sítě. V případě poruchy se postižená část odpojí a přepne se na sousední vývod, obvod je tedy napájen z „druhé“ strany a do provedení oprav je provozován, jako dva paprskové rozvody. Přepnutí postižené části na sousední je zpravidla prováděno automaticky, i když je možné provést i ruční přepnutí. Ekonomicky je tato síť dražší než paprsková, jelikož je nutné uvažovat větší délku vedení pro vzájemné pospojování, avšak vynaložené náklady se vrátí v podobě větší

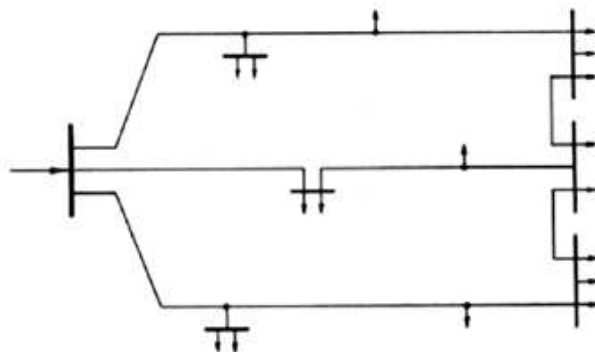
spolehlivosti a tudíž jsou minimální náklady za nedodanou el. energii. Základní výhodou této sítě je již zmíněné zálohování napájení ovšem další podstatnou výhodou je možnost odlehčit přetížený vývod přepnutím na méně zatížený vývod a tím se snažit alespoň přibližně zatěžovat celou síť rovnoměrně. Je používána na všech hladinách napětí (NN, VN a VVN). Především slouží pro napájení větších měst, větších obcí a jejich okolí. [7], [1]



Obr. č. 9. Schéma okružní sítě nízkého a vysokého napětí [1]

2.9. Síť hřebenové

Jsou tvořeny jako rozvod s několika paprsky, které jsou na konci navzájem propojeny v místě soustředěné spotřeby. Tento rozvod se svými vlastnostmi a použitím podobá okružnímu rozvodu. Paprsky mohou být tvořeny ještě odbočkami pro napájení jednotlivých bližších spotřebičů. Používá se pro napájení větších průmyslových závodů. [7]



Obr. č. 10. Schéma hřebenové sítě [16]

3. Dimenzování vodičů

Při návrhu elektrického vedení je nutné brát v potaz dimenzování vodičů, aby bylo vedení pokud možno hospodárné, ale ne na úkor bezpečnosti, spolehlivosti, odolnosti apod.

Průřezy vodičů musí z hlediska jejich dimenzování splňovat celou řadu hledisek. K nejdůležitějším patří: [3], [5]

- a) Proudové zatížení s ohledem na oteplení,
- b) Odolnost vůči zkratovým proudům,
- c) Dovolенý úbytek napětí,
- d) Mechanická odolnost,
- e) Hospodárnost průřezu,
- f) Bezpečnost provozu.

a) Proudové zatížení s ohledem na oteplení

Při výpočtu proudového se vychází ze zatížení jednotlivých spotřebičů. Pro zatížení P_p pak platí vztah:

$$P_p = P_i \cdot \beta \quad (\text{kW}) \quad (3.1)$$

Pro proudy platí vztah:

Trojfázové spotřebiče

$$I_p = \frac{1000 \cdot P_p}{\sqrt{3} \cdot U_s \cdot \cos \varphi} \quad (\text{A}) \quad (3.2)$$

Jednofázové spotřebiče

$$I_p = \frac{1000 \cdot P_p}{U_F \cdot \cos \varphi} \quad (\text{A}) \quad (3.3)$$

Stejnoseměrné spotřebiče

$$I_p = \frac{1000 \cdot P_p}{U} \quad (\text{A}) \quad (3.4)$$

kde	P_p	Zatížení (kW),
	P_i	Instalovaného výkonu spotřebiče (kW),
	β	Součinitel náročnosti (soudobosti) (-),
	U_s	Hodnota sdruženého napětí (V),
	U_F	Hodnota fázového napětí (V),

$\cos\varphi$ Hodnota účinníku (-).

k_i Přepočítávací koeficienty (-).

Trvalé proudové zatížení jednotlivých druhů vodičů při jejich dovolené provozní teplotě je závislé na druhu a teplotě prostředí a způsobu, jakým je ten vodič uložen v tom prostředí (dle ČSN 33 2000 - 5 – 523 ed. 2 Tabulka A52-1)

$$I = k_1 \cdot k_2 \cdot \dots \cdot k_n \cdot I_n \quad (3.5)$$

Dimenzování průřezu vodiče na dovolený proud vychází z dovoleného oteplení vodiče. Při průchodu elektrického proudu vodičem dochází ke vzniku tepelných ztrát. Pro tepelné ztráty tedy platí:

$$\Delta P = R \cdot I^2 = \frac{\Delta \vartheta}{T} \quad (3.6)$$

Teplota vodiče nebo jádra kabelu nesmí překročit určitou maximální hodnotu ϑ_m , která závisí na materiálu izolace, na spojovacím materiálu vodiče atd. Oteplení vodiče tedy nesmí přesáhnout hodnotu $\Delta \vartheta_m = \vartheta_m - \vartheta_0$. Hodnota ϑ_0 je základní teplota okolního vzduchu popř. zeminy. Pro maximální hodnotu proudu, kterým může být vodič zatěžován pak platí vztah:

$$I_m = \sqrt{\frac{\Delta \vartheta_m}{R_l \cdot T}} \quad (3.7)$$

kde I_m Maximální hodnota proudu (A),

R_l Elektrický odpor na jednotku délky ($\Omega \cdot \text{m}^{-1}$),

$\Delta \vartheta_m$ Maximální dovolený teplotní rozdíl jádra vodiče a okolí (K),

T Tepelný odpor vodiče na jednotku délky mezi vodičem a okolím ($\text{K} \cdot \text{m} \cdot \text{W}^{-1}$).

b) Odolnost vůči zkratovým proudům

Při zkratu nám vlivem zkratového proudu dochází k namáhání vodiče jak tepelnými, tak i dynamickými silami. Dynamické síly vznikají elektromagnetickým působením proudů v sousedních vodičích. První amplituda zkratového proudu (za předpokladu maximální ss složky) se nazývá nárazový zkratový proud i_p , který nám způsobuje největší silové rázy ve vodičích.

Pro dynamickou sílu mezi dvěma vodiči vztaženou na jeden metr vodiče platí:

$$F_K = k_1 \cdot k_2 \cdot 2 \cdot \frac{i_p^2}{a} \cdot 10^{-7} \quad (\text{N} \cdot \text{m}^{-1}) \quad (3.8)$$

kde	k_1	Koeficient tvaru vodiče (respektující rozložení proudů) (-) ,
	k_2	Koeficient respektující uspořádání vodičů a fázový posuv proudů (-),
	i_p	Nárazový zkratový proud (A),
	a	Vzdálenost vodičů (m).

Dále je nutné kontrolovat, zda nedochází ke vzniku mechanických rezonancí. Jelikož síla kmitá s frekvencí 100 Hz, je žádoucí, aby u mechanické části rozvodů nebyl mechanický rezonanční kmitočet násobkem 50 Hz. Může být nižší a nebo by měl být vyšší než 200 Hz. Pro vlastní kmitočet platí vztah:

$$f_0 = 1571 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot J}{G \cdot l^4}} \quad (\text{Hz}) \quad (3.9)$$

kde	E	Elektrická pevnost vzduchu ($\text{V} \cdot \text{m}^{-1}$),
	J	Moment setrvačnosti síly (m^4),
	G	Hmotnost jednoho metru (např. přípojnice) ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$),
	l	Délka vodiče (m).

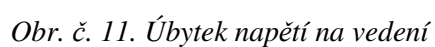
Tepelné účinky zkratového proudů se posuzují podle ekvivalentního oteplovacího proudu I_{th} , který je definován jako efektivní hodnota fiktivního proudu sinusového průběhu s konstantní amplitudou, který za dobu trvání zkratu vyvine stejné množství tepla jako skutečný zkratový. Podle ČSN EN 60 865-1 je definován minimální průřez vodiče S_{min} (s ohledem na oteplení) vztahem:

$$S_{MIN} \geq \frac{I_{th} \cdot \sqrt{t_K}}{K} \quad (\text{mm}^2) \quad (3.10)$$

kde	I_{th}	Ekvivalentní oteplovací proud (A),
	K	Koeficient, který respektuje teplotu jádra kabelu před a po zkratu (-),
	t_K	Doba trvání zkratu (s).

c) Dovolенý úbytek napětí

Vodiče a kabely je nutné dimenzovat takovým způsobem, aby nedošlo k nedovolenému poklesu napětí. Úbytek napětí je dán rozdílem napětí na začátku a konci vedení $\Delta U = U_1 - U_2$. Úbytek napětí na vedení u jednofázových jednoduchých vedení závisí na odporu R_k vedení vztaheného na jednotku délky na induktivní reaktanci X_k vedení vztahenou na jednotku délky (tzn. na impedanci vedení Z_k), dále na účinníku $\cos \varphi$ a velikosti procházejícího proudu.



Stejnoseměrné síť (dvouvodičové)	$\Delta U = 2 \cdot \rho \cdot \frac{l}{S} \cdot I = 2 \cdot R_K \cdot l \cdot I \Rightarrow S$	(3.11)
Střídavé 1f. síť (dvouvodičové)	$\Delta U_f = 2 \cdot (R \cdot I_{\tilde{c}} \pm X \cdot I_j)$	(3.12)
3f. Síť (úbytek jen na fázovém vodiči, nulovým vodičem neprotéká proud)	$\Delta U_f = R \cdot I_{\tilde{c}} \pm X \cdot I_j$ $= R_K \cdot l \cdot I \cdot \cos \varphi \pm X_K \cdot l \cdot I \cdot \sin \varphi$	(3.13)

Tab. č. 4. Dovolené normativní úbytky napětí [3]

Napěťová hladina (kV)	Dovolená tolerance napětí (%)	Norma (-)
nn	10	ČSN 33 01 21
vn	10	ČSN EN 50 160 ed. 3
110	10	ČSN 33 01 20
220	10	
400	5	

d) Mechanická odolnost

Zejména venkovní vedení jsou namáhána jak při samotné montáži tak při běžném provozu. Výpočet mechanické odolnosti se provádí zpravidla u vedení VN a VVN. Počítá se minimální průřez s ohledem na povětrnostní vlivy a klimatické podmínky (vítr, námraza, apod.). Dále je nutno brát v úvahu mechanické namáhání vodičů, průhyb vodičů (při rozpětí stožáru větším než 20 m). V oblasti průmyslových sítí je mechanická odolnost zohledňována stanovením minimálních průřezů pro jednotlivé druhy vodičů a jejich uložení.

e) Hospodárnost průřezu

Hospodárnosti průřezu rozumíme zatěžování vodičů hospodárným proudem. Je potřebné, aby byly optimální pořizovací náklady i náklady na provoz a údržbu. Pro výpočet hospodárného průřezu je nutné vyjít z činitele doby plných ztrát T_z , který zahrnuje ekonomické i technické hledisko. Doba plných ztrát T_z je definována jako čas, za který by maximální výpočtové zatížení způsobilo ve vedeních stejnou ztrátu jako skutečné zatížení za jeden rok.

$$T_z = t \cdot \left[0,2 \frac{A}{P_{P2} \cdot t} + 0,8 \left(\frac{A}{P_{P2} \cdot t} \right)^2 \right] \quad (\text{hod} \cdot \text{rok}^{-1}) \quad (3.14)$$

kde T_z Doba plných ztrát (hod . rok⁻¹),
 A Energie přenesená vedením za rok (kWh),
 t Počet provozních hodin připojeného zařízení za rok (hod),
 P_{P2} Přenášený výpočtový výkon (KW).

Pro výpočet hospodárného průřezu je - li doba plných ztrát T_z vyšší než 1000 hodin ročně a je - li předpoklad, že zařízení bude v činnosti alespoň 10 let je možné určit hospodárnou hustotu proudu z grafu v normě (ČSN 341610). Nebo se vypočte hospodárný průřez jedné fáze vedení podle vztahu:

$$S_{hosp.} = k \cdot I_P \cdot \sqrt{T_z} \quad (\text{mm}^2) \quad (3.15)$$

kde k Koeficient respektující druh a materiál vedení (-),
 I_P Výpočtový proud (A).

f) Bezpečnost provozu

Jedná se o jedno z nejdůležitějších hledisek při dimenzování vodičů. Bezpečností provozu rozumíme správné zareagování ochrany před nebezpečným dotykem podle ČSN 33200 - 4 -41 ed. 2. Impedance poruchové smyčky musí splňovat vztah:

$$Z_S \cdot I_A \leq U_0 \quad (3.16)$$

kde	Z_s	Impedance poruchové smyčky zahrnující zdroj, fázový vodič až k místu poruchy a ochranný vodič mezi místem poruchy a zdrojem (Ω),
	I_A	Proud zajišťující samočinné působení odpojovacího ochranného prvku v době stanovené normou (A),
	U_0	Jmenovité napětí proti zemi (V).

3.1. Dimenzování vedení VVN a ZVN

Jedná se o dlouhé vedení určené k přenášení velkých výkonů. Vzhledem k velikosti napětí u těchto vedení je nutné respektovat všechny 4 parametry vedení a to činný odpor R_K , indukčnost L_K , kapacitu C_K a svodovou vodivost G_K , protože se přes příčné parametry C_K a G_K uzavírají proudy a tím se ovlivňují ztráty i napěťové a proudové poměry na vedení. U vedení VVN stačí respektovat pouze parametry R_K , L_K , C_K . Index K označuje, že jsou parametry vztaženy na jednotku délky (km). Při jejich výpočtech se vychází z předpokladu proudové a napěťové symetrie, čímž je umožněno řešit poměry na jedné fázi. Pro výpočet je ve většině případů zadáno napětí na konci vedení U_2 , odebíraný výkon P_2 , účinník na konci vedení $\cos\varphi_2$, délka vedení l a je předpoklad konstantní proudové hustoty σ . Řešení je možné provést 2 metodami. [5]

1. Metoda:

Řešení vedení s náhradními články [5]:

Tuto metodu využíváme jen pro výpočet poměrů vedení na jeho začátku nebo konci. Metoda je jednoduchá a má dostačující přesnost výpočtu do délky vedení asi 500 km (podle typu článku). Elektrické parametry vedení se soustřeďují do jednoho nebo více článku obecně se jim říká dvojhrany nebo čtyřpóly. V praxi se nejvíce používají články T a II. K výpočtu fázových napětí a proudů na začátku a konci vedení se využívají stejné rovnice, jako se užívají při výpočtu vedení s rozloženými parametry, jen tzv. Blondelovy konstanty se liší v závislosti na vnitřním uspořádání jednotlivých typů článků.

Při výpočtech těchto vedení je možné vycházet z teorie čtyřpólu (dvojbranu), kdy považujeme vedení za pasivní, lineární, souměrný čtyřpól. Pro tento čtyřpól platí následující základní rovnice:

$$\begin{aligned}\bar{U}_1 &= A \cdot \bar{U}_2 + B \cdot \bar{I}_2 \\ \bar{I}_1 &= C \cdot \bar{U}_2 + D \cdot \bar{I}_2\end{aligned}\quad (\text{V; A}) \quad (3.17)$$

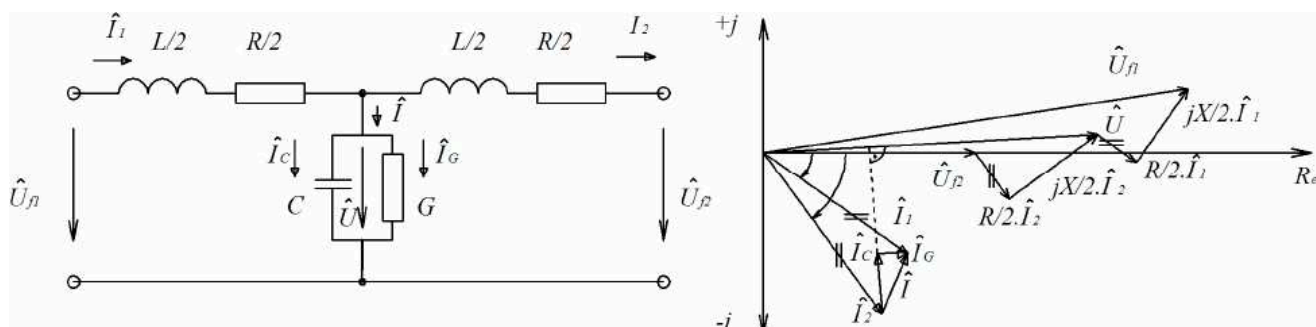
kde	A, B, C, D	Blondelovy konstanty (-; Ω ; S; -),
	\bar{U}_1, \bar{I}_1	Fázové napětí a proud na začátku vedení (V; A),

\bar{U}_2, \bar{I}_2 Fázové napětí a proud na konci vedení (V; A),

Tab. č. 5. Blondelovy konstanty dlouhého vedení pro T a II článek [5]

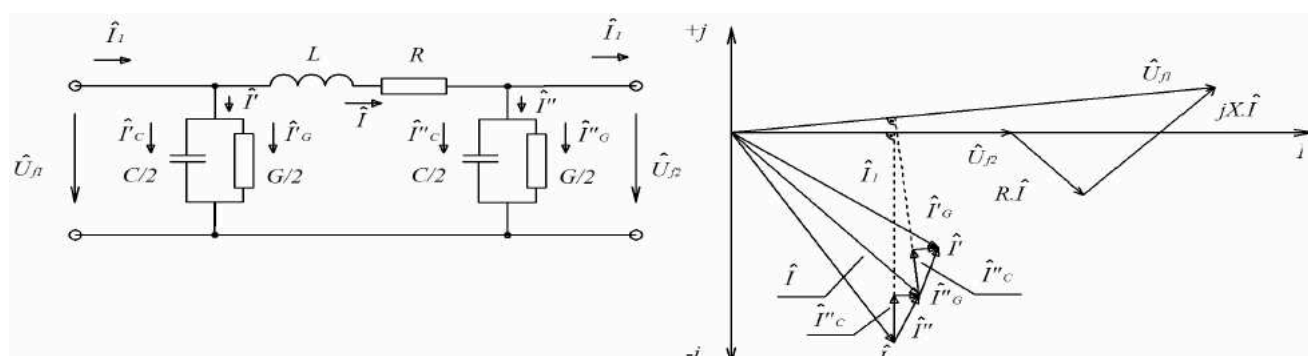
ČLÁNEK	Blondelovy konstanty		
	A = D (-)	B = (Ω)	C = (S)
T	$1 + \frac{\bar{Z}_1 \cdot \bar{Y}_1 \cdot \ell^2}{2}$	$\bar{Z}_1 \cdot \ell \cdot \left(1 + \frac{\bar{Z}_1 \cdot \bar{Y}_1 \cdot \ell^2}{4} \right)$	$\bar{Y}_1 \cdot \ell$
II	$1 + \frac{\bar{Z}_1 \cdot \bar{Y}_1 \cdot \ell^2}{2}$	$\bar{Z}_1 \cdot \ell$	$\bar{Y}_1 \cdot \ell \cdot \left(1 + \frac{\bar{Z}_1 \cdot \bar{Y}_1 \cdot \ell^2}{4} \right)$

T - článek - Přesnost vypočtu u tohoto článku je asi do délky vedení 300 km.



Obr. č. 12. Náhradní schéma T - článku a fázorový diagram T - článku [5]

II - článek - Přesnost vypočtu u tohoto článku je asi do délky vedení 500 km. U delších síti je nutné uvažovat prostorově rozložené parametry.



Obr. č. 13. Náhradní schéma II - článku a fázorový diagram II - článku [5]

Uvažujeme- li vedení, které nemá konstantní parametry po celé délce vedení, tak ho musíme řešit pomocí kaskádního a paralelního spojování kratších úseků nebo jako vedení s prostorově rovnoměrně rozloženými parametry (2. Metoda).

Při návrhu průřezu musíme uvažovat druh použitého stožáru případně také počet vodičů ve svazku. Nejprve si určíme maximální proud na konci vedení z výkonového zatížení dle následujícího vztahu:

$$\bar{P}_2 = \sqrt{3} \cdot \bar{U}_2 \cdot \bar{I}_2 \cdot \cos \varphi_2 \Rightarrow \bar{I}_2 = \frac{\bar{P}_2}{\sqrt{3} \cdot \bar{U}_2 \cdot \cos \varphi_2} \quad (\text{A}) \quad (3.18)$$

Poté z dovolené proudové hustoty, kterou předpokládáme po celé délce vedení konstantní, je možné určit minimální průřez jedné fáze ze vztahu:

$$\sigma = \frac{\bar{I}_2}{S_{1f}} \Rightarrow S_{1f} = \frac{\bar{I}_2}{\sigma} \quad (\text{mm}^2) \quad (3.19)$$

Minimální průřez jedné fáze u dvojitého vedení je pak dán vztahem:

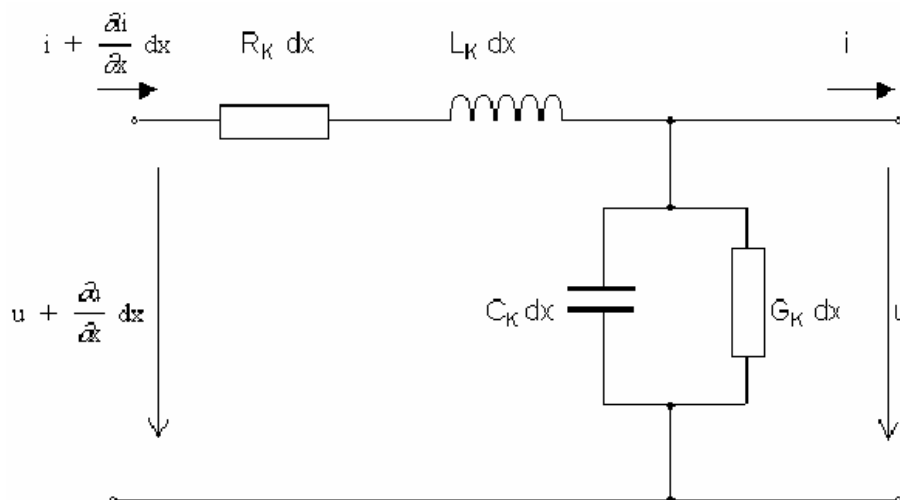
$$S_{1f} = \frac{S}{2} \quad (\text{mm}^2) \quad (3.20)$$

V případě dimenzování vedení z hlediska mechanických parametrů se vychází z patřičných norem ČSN, podnikových norem a standardů společnosti, která dané vedení provozuje.

2. Metoda:

Řešení vedení s prostorově rovnoměrně rozloženými parametry [5]:

Při návrhu vedení touto metodou se vychází s předpokladu, že délka vedení je podstatně větší než poloměr a parametry vedení (vztaženy na km délky) R_K , L_K , C_K , G_K jsou konstantní a prostorově rovnoměrně rozloženy po celé délce vedení a jsou napájeny symetrickým zdrojem napětí a mají symetrickou zátěž. Jedná se o tzv. homogenní vedení. Napětí a proud nejsou pouze funkcí času, ale i místa $u = f(x; t)$, $i = f(x; t)$. Díky tomu je možné určit napětí a proud v kterémkoliv místě vedení, kdežto u předchozí metody jsme mohli určovat poměry pouze na začátku nebo konci vedení. Tato metoda je přesnější oproti předchozí metodě ovšem náročnější z hlediska matematických výpočtu (vstupují zde parciální derivace). Vedení si je možné představit jako kaskádní zapojení nekonečného počtu elementu vedení o délce dx . [5]



Obr. č. 14. Jednofázový model dlouhého vedení [5]

Vycházíme z Taylorova rozvoje pro určení napětí a proudu na začátku elementu dx :

$$u(x + dx) = u(x) + \frac{\partial u}{\partial x} dx + \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} dx^2 + \dots \quad (V) \quad (3.21)$$

Analogický vztah platí i proud. Členy s druhou a vyšší mocninou dx se zanedbávají

Použitím 2 Kirchhoffova zákona na element délky dx dostáváme výsledný vztah:

$$u + \frac{\partial u}{\partial x} dx - u - R_K dx \left(i + \frac{\partial i}{\partial x} dx \right) - L_K dx \frac{\partial \left(i + \frac{\partial i}{\partial x} dx \right)}{\partial t} = 0 \quad (V) \quad (3.22)$$

Obdobně pro proud použitím 1 Kirchhoffova zákona na element délky dx dostáváme výsledný vztah:

$$i + \frac{\partial i}{\partial x} dx - i - G_K u dx - C_K dx \frac{\partial u}{\partial t} = 0 \quad (A) \quad (3.23)$$

Matematickýma úpravami předešlých vztahu (včetně zanedbání členu dx^2) získáme 1. Thomsonovu rovnici pro napětí:

$$\frac{\partial u}{\partial x} = R_K \cdot i + L_K \cdot \frac{\partial i}{\partial t} \quad (V) \quad (3.24)$$

a 2. Thomsonovou rovnicí pro proud:

$$\frac{\partial i}{\partial x} = G_K \cdot u + C_K \cdot \frac{\partial u}{\partial t} \quad (\text{A}) \quad (3.25)$$

Derivacemi těchto dvou rovnic podle dx a dt a dalšími matematickými úpravami bychom dostali 3 a 4 Thomsonovou rovnici.

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = R_K \cdot G_K \cdot u + (R_K \cdot C_K + L_K \cdot G_K) \frac{\partial u}{\partial t} + L_K \cdot C_K \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \quad (\text{V}) \quad (3.26)$$

$$\frac{\partial^2 i}{\partial x^2} = R_K \cdot G_K \cdot i + (R_K \cdot C_K + L_K \cdot G_K) \frac{\partial i}{\partial t} + L_K \cdot C_K \frac{\partial^2 i}{\partial t^2} \quad (\text{A}) \quad (3.27)$$

Jelikož je řešení těchto rovnic kdy časový průběh napětí a proudu by byl obecný dosti matematicky náročné, uvažujeme v rámci energetiky rovnice pro sinusový (harmonický) průběh napětí a proudu. Matematickými úpravami předešlých rovnic je možné dostat zjednodušené vztahy (bez parciálních derivací) pro fázory napětí a proudu v libovolné vzdálenosti x od počátku vedení. Uvažujeme fázová napětí. Výsledné vztahy pro napětí a proud jsou:

$$\bar{U}_X = \bar{U}_2 \cdot \cosh(\bar{\gamma} \cdot x) + \bar{Z}_V \cdot \bar{I}_2 \cdot \sinh(\bar{\gamma} \cdot x) \quad (\text{V}) \quad (3.28)$$

$$\bar{I}_X = \bar{U}_2 \cdot \frac{1}{\bar{Z}_V} \cdot \sinh(\bar{\gamma} \cdot x) + \bar{I}_2 \cdot \cosh(\bar{\gamma} \cdot x) \quad (\text{A}) \quad (3.29)$$

Jestliže chceme určit napětí a proud na začátku vedení je nutné za rovnice (3.28) a (3.29) dosadit za x hodnotu délky vedení l . Z těchto rovnic je možné pomocí úprav dostat rovnice čtyřpólu (3.17) použité v předešlé metodě. Průřez by se poté určil obdobně jako v předcházející metodě.

kde	$\bar{U}_X; \bar{I}_X$	Napětí a proud v daném místě (délce) vedení (V; A),
	$\bar{U}_2; \bar{I}_2$	Napětí a proud na konci vedení (V; A),
	\bar{Z}_V	Vlnová impedance (Ω),
	$\bar{\gamma}$	Činitel šíření (km^{-1}).

4. Legislativní rámec - kvalita elektřiny

Kvalitu el. energie je nutné posuzovat od doby kdy přestala být pouze pro spotřebu výrobce, ale stala se distribučním zbožím. Kvalitu elektrické energie určují provozní parametry napětí U a frekvence f . Na kvalitě se podílí také obsah vyšších harmonických, které nám ovlivňují kvalitu sinusového průběhu. Jedná se především o liché násobky základní harmonické $f_n = 50 \text{ Hz}$ (především 3, 5 a 7. f_n). Další faktory ovlivňující kvalitu elektřiny jsou kolísání napětí, které souvisí s proměnlivým (nesymetrickým) zatížením jednotlivých fází (jednofázové zátěže - indukční a odporové tavicí pece apod.) a v neposlední řadě zde hraje vliv elektromagnetického rušení přístrojů a zařízení, které tzv. zpětně ovlivňují síť. Těmito problémy se zabývají různé normy a vyhlášky. V našem případě se zaměříme především na kvalitu elektřiny s ohledem na přerušení přenosu nebo distribuce, standardy dodávek u ukazatelů nepřetržitosti přenosu nebo distribuce.

Energetický zákon 458/2000Sb. udává povinnost provozovateli DS dodržovat parametry kvality dodávek elektřiny a souvisejících služeb. Požadovaná kvalita dodávek elektřiny a souvisejících služeb v elektroenergetice je stanovena ERU a to vyhláškou č. 41/2010 Sb. (mění vyhlášku č. 540/2005 Sb.). V této vyhlášce je stanovena: [10]

Požadovaná kvalita elektřiny a služeb souvisejících s regulovanými činnostmi v elektroenergetice a jejími parametry - je vyjádřena prostřednictvím standardů přenosu nebo distribuce elektřiny, standardů dodávek a ukazatelů nebo distribuce elektřiny, standardů dodávek a ukazatelů nepřetržitosti přenosu nebo distribuce elektřiny. [10]

Výše náhrad za nedodržení předepsaných standardů - 10 % z roční platby za distribuci (podrobněji viz. str. 26)

Lhůty pro uplatnění nároků na náhrady - uplatnění náhrad u všech standardů (podle §5, 6, 7, 8, 9 až 17, §18, §19, §20) je do 60 dní ode dne porušení standardu.. Dříve byla u §5, 6, 7 a 18 pouze 5 dní.

Postupy pro vykazování dodržování kvality dodávek a služeb - souvisí s parametry nepřetržitosti přenosu nebo distribuce elektřiny. Tyto ukazatele jsou popsány v kap. 4.4.

Podle § 5 (odst. 1) „*standardem ukončení přerušení distribuce elektřiny je ukončení přerušení distribuce elektřiny, mimo přerušení plánovaného, v odběrném nebo předávacím místě provozovatele lokální distribuční soustavy nebo zákazníka, a to ve lhůtě do:*“ [10]

- a) 18 hodin v distribuční soustavě do 1 kV,
12 hodin v distribuční soustavě do 1 kV na území hlavního města Prahy,

- b) 12 hodin v distribuční soustavě nad 1 kV,
8 hodin v distribuční soustavě nad 1 kV na území hlavního města Prahy.

Při nedodržení standardu ukončení přerušení přenosu nebo distribuce elektřiny má právo zákazník po provozovateli DS požadovat náhradu 10 % z roční platby za distribuci, maximálně však: [10]

- a) 6 000 Kč u sítí do 1 kV,
- b) 12 000 Kč u sítí od 1 kV do 52 kV,
- c) 120 000 Kč u sítí nad 52 kV.

4.1. Pravidla provozování přenosových soustav (PPPS)

PPPS někdy také nazývány jako kodex PS slouží pro definování technických aspektů provozních vztahů mezi provozovatele PS a všemi uživateli připojenými k PS. Některé ustanovení se vztahují také na výrobu elektřiny ve výrobnách, které jsou připojeny do DS. PPPS stanovují minimální technické, konstrukční a provozní požadavky pro připojení a užívání PS a podmínky pro poskytování podpůrných služeb a přeshraniční přenos. Jelikož zde dochází i k přeshraničnímu přenosu elektřiny je nutné dodržovat pravidla mezinárodní spolupráce v synchronně propojených soustavách ENTSO - E. Dále je nutné se řídit i provozními instrukcemi dispečinku ČEPS. Tyto provozní instrukce dispečinku ČEPS a kodex PS jsou chápány jako minimální soubor pravidel, které je nutné dodržovat k zajištění bezpečnosti a spolehlivosti provozu PS. V ČR máme jediného provozovatele přenosových sítí, kterého se tyto pravidla týkají a tím je společnost ČEPS, a.s. Provozovatele PS a DS musí mezi sebou spolupracovat, zvláště je to důležité pokud, některý druh užívání PS předpokládá současné i užívání DS např. u transformátoru 400/110 kV - primární strana patří provozovateli PS a sekundární strana provozovateli DS (musí mít mezi sebou uzavřeny smlouvy a respektovat předpisy). Kodex PS pro rok 2012 se skládá z osmi částí číslovaných římskými číslicemi (část I - Základní podmínky pro užívání PS, část II - Podpůrné služby, část III - Poskytování systémových a přenosových služeb, část IV - Plánování rozvoje PS, část V - Bezpečnost provozu a kvalita na úrovni PS, část VI - Dispečerské řízení, část VII - Zařízení PS a část VIII - Standardy PS). Podrobněji popsáno v [13].

4.2. Pravidla provozování distribučních soustav (PPDS)

Jedná se o soubor veřejně dostupných dokumentů, které specifikují zásady působnosti provozovatele a uživatelů DS. Vycházejí z energetického zákona č. 458/ 2000 Sb., z navazujících vyhlášek Ministerstva průmyslu a obchodu ČR, z ERU a popř. dalších legislativních vyhlášek. Jsou schvalovány ERU, který řeší i případné nejasnosti a spory. Navazují na PPPS. Stanovují minimální technické, plánovací, provozní, informační požadavky

pro připojení k DS. Je to komplexní soubor informací, díky kterému není nutné pracovat s mnoha dalšími právními, technickými a dalšími podklady. Stanovují základní pravidla, která zajišťují koordinaci a spolupráci mezi jednotlivými účastníky trhu s elektřinou. Jsou určeny pro jednotlivé provozovatele DS s tím, že si musí plnit i závazky vyplývající z licence, obecných právních předpisů a z PPPS. Vztahují se na provozovatele DS (ČEZ Distribuce, E.ON Distribuce a PREdistribuce), provozovatele PS, provozovatele lokálních DS, provozovatele výroben připojených do DS, zákazníky a obchodníky s elektřinou. Zjednodušeně řečeno jsou tvořeny dvěma základními částmi, první z nich jsou plánovací a připojovací předpisy pro DS a druhá část jsou provozní předpisy pro DS. [12], [2]

PPDS neobsahuje úplně všechny předpisy, které musí uživatelé k DS dodržovat (ostatní příslušné právní předpisy, technické normy, bezpečnostní předpisy, předpisy požární ochrany, ochrany životního prostředí a předpisy pro dodávku elektřiny). PPDS pro rok 2011 se skládá ze základního textu a 7 příloh. (Příloha č. 1 Dotazníky pro registrované údaje, č. 2 Metodika určování nepřetržitosti distribuce elektřiny a spolehlivosti prvků distribučních sítí, č. 3 Kvalita napětí v DS, způsoby jejího zjišťování a hodnocení, č. 4 Pravidla pro paralelní provoz zdrojů se sítí provozovatele DS, č. 5 Fakturační měření, č. 6 Standardy připojení zařízení k DS a č. 7 Pravidla pro podpůrné služby zdrojů připojených k sítím provozovatele DS). Pro rok 2012 je platný text s roku 2011 s tím že došlo k menším úpravám v příloze č. 4. Podrobněji informace v následujícím odkazu - [12].

4.3. Rozdělení přerušení přenosu nebo distribuce elektřiny

V příloze č. 4 vyhl. č. 41/2010 Sb. je uvedeno rozdělení přenosu nebo distribuce elektřiny podle 2 způsobů. [10]

První způsob je podle doby trvání:

1. Krátkodobé - větší než 1 sekunda, ale ne déle než 3 minuty,
2. Dlouhodobé - déle než 3 minuty.

Druhý způsob je podle příčiny:

1. Plánované - přerušení přenosu nebo distribuce elektřiny podle § 2 písm. c) vyhlášky.
2. Neplánované:

2.1. Poruchové - přerušení dodávky el. energie v důsledku vzniku a odstraňování poruchy na zařízení provozovatele PS podle § 24 odst. 3 písm. d) bodu 7 zákona 458/2009 Sb. nebo provozovatele DS podle § 25 odst. 4 písm. c) bodu 6 energetického zákona a přerušení přenosu nebo distribuce elektřiny způsobené chybným nebo bezdůvodným vypnutím zařízení PS nebo DS jejím provozovatelem. Dále se dělí toto přerušení ještě na:

2.1.1. Způsobené poruchou mající původ v zařízení PS nebo DS provozovatele soustavy nebo jejím provozu.

Dále se dělí:

- **za obvyklých povětrnostních podmínek** - definované v příloze č. 4 vyhl. č. 41/2010 Sb odstavec 1.1.1.1.1.

- **za nepříznivých podmínek** - definované v příloze č. 4 vyhl. č. 41/2010 Sb odstavec 1.1.1.1.2.

2.1.2. Způsobené zásahem nebo jednáním třetí osoby.

3. Vynucené - přerušení přenosu nebo distribuce elektřiny podle § 24 odst. 3 písm. c) bodu 1 nebo § 25 odst. 4 písm. c) bodu 1 energetického zákona.

4. Mimořádné - přerušení přenosu nebo distribuce elektřiny při nouzových stavech nebo předcházení stavu nouze podle § 24 odst. 3 písm. c) bodu 2 nebo § 25 odst. 4 písm. c) bodu 2 energetického zákona.

5. V důsledku události mimo soustavu a u výrobce.

4.4. Ukazatele nepřetržitosti a spolehlivosti dodávky elektrické energie

Existují ukazatele nepřetržitosti (SAIFI, SAIDI, CAIDI) a ukazatele spolehlivosti (λ_G , τ_{GV} , τ_G), někdy také nazývané jako globální ukazatele spolehlivosti. Za globální ukazatele spolehlivosti považujeme četnost výpadku λ_G (počet výpadků/rok/odběratele), celková doba trvání všech výpadků τ_{GV} (min/rok/odběratele), doba trvání jednoho výpadků τ_G (minuty/výpadek). Oba ukazatele mají sice odlišné definice (globální využívají varianty omezení odběratelů), avšak charakterově jsou si rovné. Proto můžeme napsat že $SAIFI = \lambda_G$, $SAIDI = \tau_{GV}$ a $CAIDI = \tau_G$. Ovšem je nutné zmínit taky, že nedodržení spolehlivostních ukazatelů je zpoplatněno, kdežto nedodržení ukazatelů nepřetržitosti není zpoplatněno.

Dále existují ještě klasické ukazatele spolehlivosti - intenzita poruch λ (rok^{-1}), střední doba trvání poruchy τ (h), pravděpodobnost bezporuchového chodu R (-). Klasické ukazatele nemají vypovídající schopnost pro laiky, kdežto globální ukazatele ano.

Vycházíme z přílohy č. 2 PPDS, která udává metodiku určování nepřetržitosti distribuce elektřiny a spolehlivosti prvků DS. Ukazatele nepřetržitosti přenosu nebo distribuce elektřiny je možné najít také v příloze č. 5 vyhl. č. 41/2010 Sb. Ukazatele se počítají pouze u dlouhodobého přerušení přenosu nebo distribuce elektřiny. Okamžik kdy provozovatel PS nebo DS se

dozvěděl nebo mohl (měl) dozvědět o přerušení se uvažuje jako začátek přerušení dodávek elektřiny. [11]

4.4.1. Vztahy pro výpočet nepřetržitosti distribuce elektřiny

a) **Hladinové ukazatele** - vyjadřují celkový dopad události v DS na zákazníky připojené k jednotlivým napěťovým hladinám (NN, VN a VVN). [11], [10]

Četnost přerušení zákazníka hladiny napětí:

$$SAIFI_h = \frac{\sum_j n_{jh}}{N_{sh}} \quad (\text{přerušení/rok/zákazník}) \quad (4.1)$$

Trvání přerušení zákazníka hladiny napětí:

$$SAIDI_h = \frac{\sum_j t_{sjh}}{N_{sh}} \quad (\text{minut/rok/zákazník}) \quad (4.2)$$

Průměrné přerušení zákazníka hladiny napětí:

$$CAIDI_h = \frac{SAIDI_h}{SAIFI_h} \quad (\text{minut/přerušení}) \quad (4.3)$$

kde	n_{jh}	Celkový počet zákazníků přímo napájených z napěťové hladiny h , jimž bylo způsobeno přerušení distribuce elektřiny v důsledku j -té události, která vznikla na hladině h i napěťových hladinách nadřazených napěťové hladině h .
	N_{sh}	Celkový počet zákazníků přímo napájených z napěťové hladiny h ke konci předchozího kalendářního roku,
	j	Pořadové číslo události v hodnoceném období,
	h	Označení hodnocené napěťové hladiny (nn, vn,vvn),
	i	Pořadové číslo manipulačního roku v rámci j -té události,
	t_{ji}	Doba trvání i -tého manipulačního kroku v rámci j -té události,
	n_{jhi}	Počet zákazníků přímo napájených z napěťové hladiny h , jimž bylo způsobeno přerušení distribuce elektřiny dané kategorie v i -tém manipulačním kroku j -té události.
	t_{sj}	Součet všech dob trvání přerušení distribuce elektřiny v důsledku j -té události u jednotlivých zákazníků přímo napájených z napěťové hladiny h , jimž byla přerušena distribuce elektřiny stanovený jako:

$$t_{sjh} = \sum_{j=1}^n t_{ji} \cdot n_{jhi} \quad (4.4)$$

b) Systémové ukazatele - určují se souhrnně pro všechny napěťové hladiny DS. Vyjadřují průměrné hodnoty dopadů událostí na nepřetržitost distribuce elektřiny pro všechny zákazníky. [11], [10]

Četnost přerušení:

$$SAIFI_s = \frac{\sum_{h=\{nn;vn;vvn\}} \sum_j^n n_{jh}}{N_s} \quad (\text{přerušení/rok/zákazník}) \quad (4.6)$$

Souhrnné trvání přerušení:

$$SAIDI_s = \frac{\sum_{h=\{nn;vn;vvn\}} \sum_j^n t_{sjh}}{N_s} \quad (\text{minut/rok/zákazník}) \quad (4.7)$$

Průměrné přerušení:

$$CAIDI_s = \frac{SAIDI_s}{SAIFI_s} \quad (\text{minut/přerušení}) \quad (4.8)$$

kde N_s Celkový počet zákazníků v soustavě (na hladinách nn, vn, vvn) ke konci předchozího kalendářního roku

4.4.2. Vztahy pro výpočet nepřetržitosti přenosu elektřiny

Pro nedodanou elektrickou energii vycházíme ze vztahu: [10]

$$W_{ned.} = \sum_{i=1}^n t_i \cdot P_{ned,i} \quad (\text{MWh}) \quad (4.9)$$

kde $P_{ned,i}$ Výkon dopravovaný účastníkovi trhu s elektřinou do předávacího místa z přenosové soustavy, ve kterém došlo k i - tému přerušení přenosu elektřiny, těsně před tímto přerušením.

Pro průměrnou dobu trvání jednoho přerušení přenosu v roce platí vztah:

$$t_{ph.} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \quad (\text{min}) \quad (4.10)$$

kde t_i Doba trvání i - tého přerušení přenosu elektřiny,
 n Roční počet přerušení přenosu elektřiny,
 i Pořadové číslo přerušení přenosu elektřiny v hodnoceném roce.

5. Výpočtový software PAS DAISY

Společnost DAISY, s r.o. (Dispečerské Automatizované Informační Systémy) vytvořila softwaru, díky kterým je možné modelovat, dispečersky řídit a provádět kontrolní výpočty elektroenergetických sítí všech napěťových hladin. Pracují na základě Newton - Raphsonovy iterační metody. Je možné s nimi řešit ustálené i přechodné děje. [19]

Jedná se o následující produkty: [19]

a) **DAISY Bizon Projektant** - Je členem tradiční produktové řady PAS DAISY Off - Line. Tento systém slouží pro projektování rozvodných úrovní všech napěťových hladin. Oproti Power Calc Lite se liší tím, že dokáže provádět výpočty více napěťových úrovní v jedné studii současně. Obsahuje podporu pro výpočty nastavení ochran a jištění pojistkami a jističi. Je možné získat zdarma studentskou verzi omezenou počtem 16 uzlů a 20 větví.

b) **Power Calc Lite** - je součástí rodiny produktů PAS DAISY Off-Line. Slouží zejména pro projektování sítí NN. Od ostatních produktů se liší upravenou množinou funkcí a zjednodušeným uživatelským rozhraním. Tyto vlastnosti se odrazily v názvu produktů ("Lite", neboli "odlehčená" verze). Klade velký důraz na co nejjednodušší obsluhu a rychlost použití.

c) **PAS DAISY On - line** - je určen pro podporu pracovníků operativního řízení provozu elektroenergetických sítí v reálném čase. Je navržen pro sítě VN a VVN. Tento systém zachytí aktuální stav ES a dovoluje provádět ověřování plánovaných zásahů typu přepnutí vedení na jiný uzel apod. Obsahuje také simulační režim, díky kterému si může dispečer lokálně ověřit plánované manipulace v uživatelské simulační databázi. Tato databáze může být naplněna buď hodnotami z "reálu" v okamžiku přepnutí do simulačního režimu, nebo hodnotami, které popisují úplný stav soustavy v některém okamžiku v blízké či vzdálenější minulosti. Díky tomu má dispečer možnost krokovat vývoj soustavy a to buď po velkých nebo malých krocích.

d) **PAS DAISY Off - line** - Využívá se pro plánování budoucího rozvoje soustavy, projektování dlouhodobou přípravu provozu rozvodných sítí NN, VN a VVN. Zahrnuje podporu pro výpočty nastavení ochran a jištění pojistkami a jističi. Při návrhu softwaru byl kladen velký

důraz na snadnou modifikaci výpočetních dat a komplexnost výpočetních metod. Zobrazování je co nejjednodušší. Lze zde pracovat s databázemi a obrázky ze systému On - line.

Posledně zmiňovaný software (PAS DAISY Off - line) byl použit při zpracování této diplomové práce. Na připraveném modelu distribuční soustavy 110 kV byly provedeny a srovnány výpočty ustáleného stavu před a po provedení jednotlivých rekonstrukcí. Jednotlivé rekonstrukce zařízení 110 kV se nacházejí v oblasti Morava. Výsledné hodnoty pro dané navržené zapojení museli splňovat spolehlivostní kritérium n-1. Toto kritérium nám říká, že při výpadku jednoho vedení, transformátoru nebo elektrárenského bloku nesmí dojít k přetížení jiného prvku v síti, narušení stability soustavy či ke kolapsu napětí. Nahrané vstupní data vycházeli se zimního měření provedeného dne 16. 1. 2013 v 17 hodin. Bylo nutné vycházet z co nejbližších a tudíž nejdůvěryhodnějších dat z důvodu zahrnutí vlivu nově zbudované uzlové oblasti Kletné, která nám částečně pokryla chybějící výkon v uzlových oblastech Nošovice a Liskovec a převzala tak část jejich zatížení.

5.1. Příklady výpočtu zatížení vedení a transformátorů z toku činného a jalového výkonu

Zatížení transformátor T202 v rozvodně LIS při stávajícím stavu

Zadané hodnoty:

Jmenovitý výkon:
 $S_n = 200 \text{ MVA}$

Činný výkon:
 $P = -57,3 \text{ MW}$

Jalový výkon:
 $Q = -10,8 \text{ Mvar}$

Vypočtené hodnoty:

Zdánlivý výkon:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{(-57,3)^2 + (-10,8)^2} = 58,31 \text{ MVA} \quad (5.1)$$

Procentní zatížení:

$$S_{\%} = \frac{S}{S_n} \cdot 100 = \frac{58,31 \cdot 10^6}{200 \cdot 10^6} \cdot 100 = 29,155 \% \approx 29 \% \quad (5.2)$$

Zatížení vedení V588 napájeného z uzlu KRA při stávajícím stavu

Zadané hodnoty:

Napětí na přípojnici B:
 $U_B = 118,1 \text{ kV}$

Činný výkon:
 $P = -35,3 \text{ MW}$

Jalový výkon:
 $Q = -6,5 \text{ Mvar}$

Vypočtené hodnoty:

Zdánlivý výkon:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{(-35,3)^2 + (-6,5)^2} = 35,89 \text{ MVA} \quad (5.3)$$

Zatížení vedení:

$$S = \sqrt{3} \cdot U_B \cdot I \rightarrow I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_B} = \frac{35,89 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 118,1 \cdot 10^3} = 175,45 \text{ A} \quad (5.4)$$

Procentní zatížení vedení:

$$I_{\%} = \frac{I}{I_{max}} \cdot 100 = \frac{175,45}{505} \cdot 100 = 34,74 \% \approx 35 \% \quad (5.5)$$

5.2. Popis vybrané oblasti sítě 110 kV

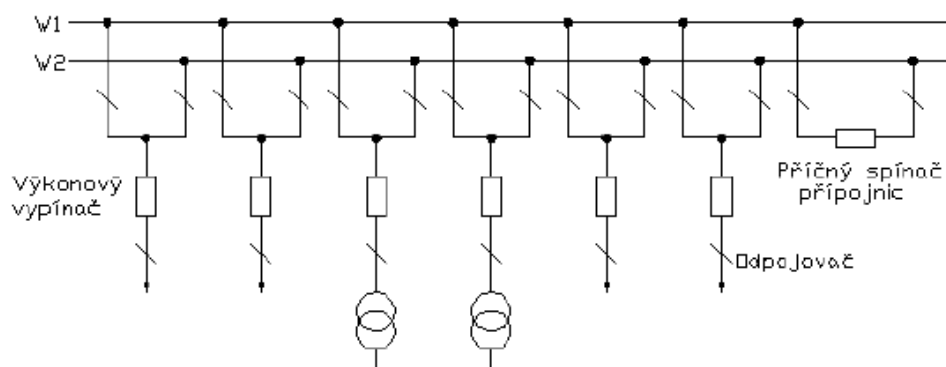
Největší hráči na trhu s distribucí elektrické energie v České republice jsou následující společnosti - ČEZ Distribuce, a. s., E. ON Distribuce, a.s. a PRE distribuce, a.s. Existují také společnosti, které nabízejí zákazníkům elektrickou energii dodavatelským způsobem, nevlastní technické vybavení (vedení, elektrárny apod.) pouze v rámci volného trhu nakupují el. energii buď přímo od výrobců nebo na burze a posléze ji nabízejí konečným zákazníkům (Bohemia Energy, RWE apod.). Nebo existují společnosti, které jsou držiteli licence pro distribuci elektrické energie v rámci vymezeného menšího území a v něm tvoří lokální distribuční soustavu, ve které distribuují elektrickou energii. Uspořádání distribuce tří největších společností je uvedeno v kap. 2.3.1 na Obr. č. 4 popřípadě jsou v Tab. č. 2 též kapitoly uvedený délky distribučního vedení v závislosti na napěťové hladině a typu vedení (kabelové nebo venkovní). Z Obr. č. 4 je patrné, že největší zastoupení v rámci ČR má ČEZ Distribuce, a. s. Její působnost je rozdělena do pěti oblastí (regionu) Morava, Východ, Střed, Západ a Sever. V této diplomové práci uvažujeme popis sítě 110 kV společnosti ČEZ Distribuce, a. s. v rámci oblasti Morava.

Nachází se zde celkem 44 rozvodných zařízení VVN/VN a 7 rozvodných zařízení ZVN/VVN (uzlové body). K 15. 2. 2013 je zde instalováno 172 jednotlivých vedení s celkovou délkou cca 2270,5 km. Průřezy těchto vedení jsou v rozmezí 95 - 1600 mm². [18]

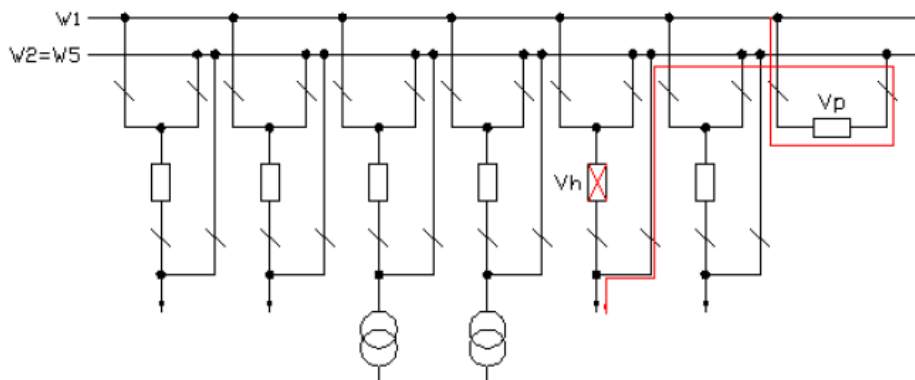
V oblasti Morava se nachází celkem sedm uzlových bodů elektrizační soustavy, ve kterých dochází k přechodu z přenosové soustavy PS do distribuční soustavy DS. Jedná se o rozvodny s transformací 400/100 kV a 220/110 kV. Konkrétně se jedná o rozvodny Nošovice, Albrechtice, Horní Životice, Krasíkov, Lískovec, Prosenice a Kletné. Tyto uzlové body je možné najít na Obr. č. 2 v kap. 2.2. Výhledově se uvažuje pouze o rozšiřování stanic 400/110 kV. Uzlové body tvoří páteř naší přenosové soustavy. Jsou napájeny z přenosové soustavy napětím 400 kV popřípadě 220 kV, která nám tvoří přenosovou cestu po přenos elektrické energie z elektráren do těchto velkých elektrických stanic (rozvoden). Jedná se o tzv. uzlové sítě, které tvoří jednotlivá vedení, transformátory popřípadě další zařízení (kompenzační zařízení, ochrany, spínací zařízení apod.), které jsou zaústěny do rozvodny. Tyto uzlové body obsahují také transformátory 110 kV/VN (nejčastěji 22 kV). Z jednotlivých uzlových bodů je v rámci propojené ES pomocí vedení 110 kV distribuována el. energie do rozvoden 110/VN kV. V těchto rozvodnách se transformuje napětí na hladinu VN (nejčastěji 22 kV), které se dále

rozvádí ke konečnému spotřebiteli a transformuje se na hladinu NN. Vedení VVN tak tvoří základní pilíř distribuční soustavy. Vedení 110 kV bývají dvojítá (paralelní vedení) a provozují se jako okružní rozvod. V případě poruchy na jednom z paralelních vedení přebírá zatížení druhé vedení (do doby rekonstrukce), jelikož jsou ale paralelní vedení umístěna na jednom stožáru, tak při rekonstrukci jednoho z nich je nutné vypnout obě linky vedení. Napájení tedy musíme zajistit z jiných dostupných zdrojů případně využít napájení z VN sítě. Vedení 110 kV tvoří holé ocelohliníkové AlFe lana popřípadě svazek paralelních AlFe lan. Rozvodny v uzlových oblastech jsou provedeny jako dvojitý popřípadě trojitý systém přípojnic s jednou samostatnou pomocnou přípojnici a to buď v klasickém provedení (příčně dělené) nebo v podélně děleném provedení. Rozvodny 110/22 kV jsou provedeny jako jednoduchý systém přípojnic, dvojitý systém přípojnic a dvojitý systém s pomocnou přípojnici v podélném nebo příčném dělení. Tyto rozvodny se také hojně vyskytují v tzv. H spojení (rozvodny bez přípojnic), které je vhodné využít při malém počtu odboček.

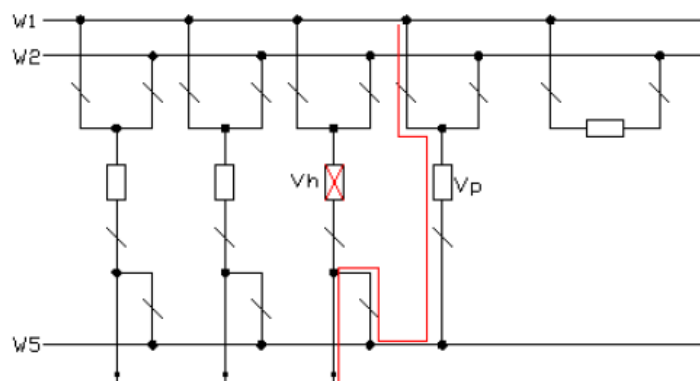
Nejvyužívanější systémy přípojnic v oblasti Morava:



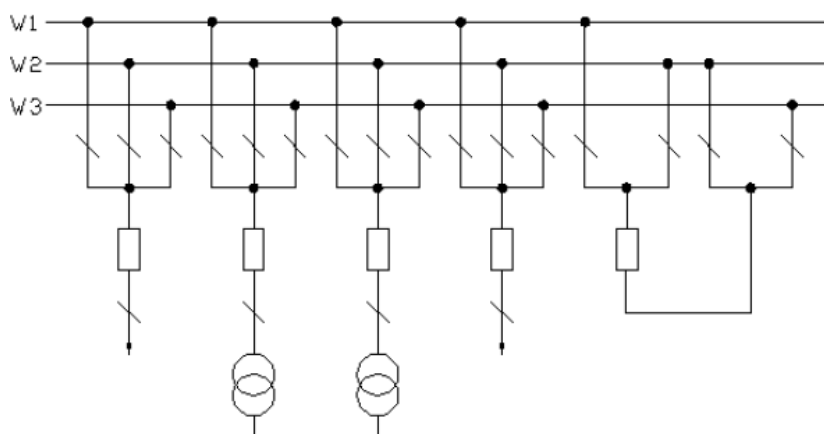
Obr. č. 15. Dvojitého systému přípojnic [6]



Obr. č. 16. Dvojitého systému přípojnic, z nichž jedná slouží i jako pomocná [6]

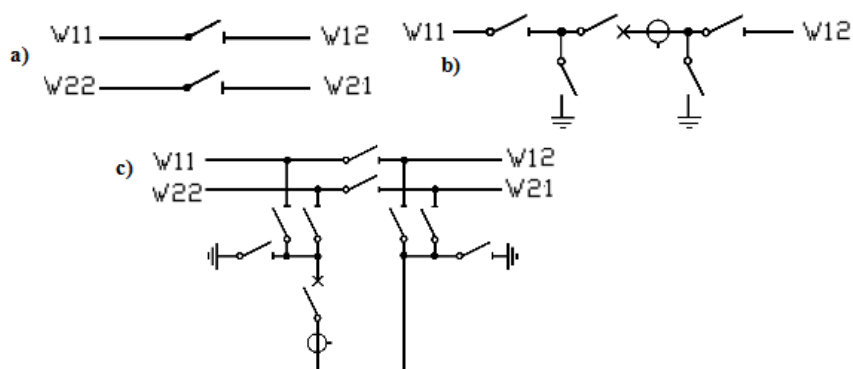


Obr. č. 17. Dvojitý systém se samostatnou pomocnou přípojnící [6]



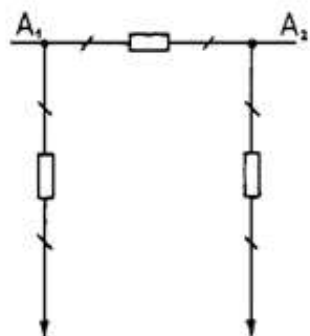
Obr. č. 18. Trojitý systém přípojníc [6]

Výše uvedené systémy se pro zvýšení spolehlivosti dodávky elektrické energie můžou vyskytovat také v podélném dělení přípojníc. Podélné spínání přípojníc se provádí odpojovačem v nezatíženém stavu. (Obr. č. 19a). Podélné spínání lze provádět i při zatížení (Obr. č. 19b) (pro trvalé sepnutí úseku) nebo po dobu manipulace odpojovače podélného dělení Obr. č. 19c)

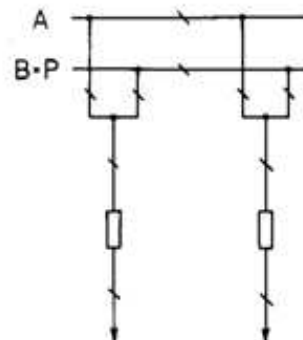


Obr. č. 19 Podélné dělení přípojníc [6]

Vnitřní provedení s podélným dělením

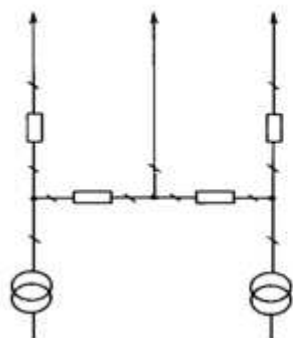


Venkovní provedení s pomocnou přípojnici

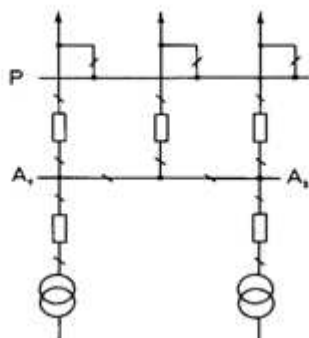


Obr. č. 20. Rozvodny 110 kV střední velikosti [1]

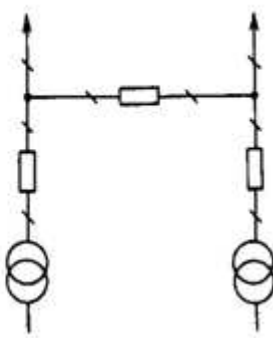
5 odboček



5 odboček a pomocná přípojnice

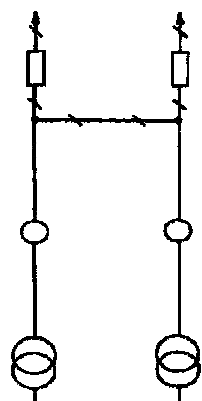


4 odbočky



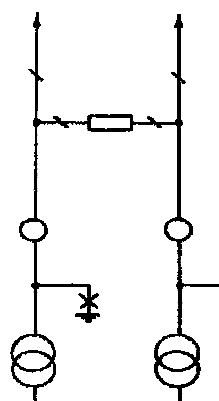
Obr. č. 21. Úsporná schémata malých rozvodů 110 kV - H spojení [1]

a)



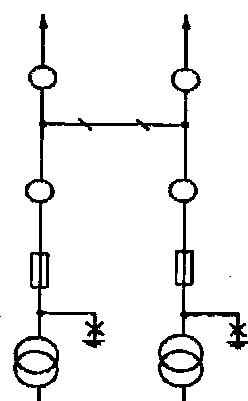
odpínače u transforma-
mátoru

b)



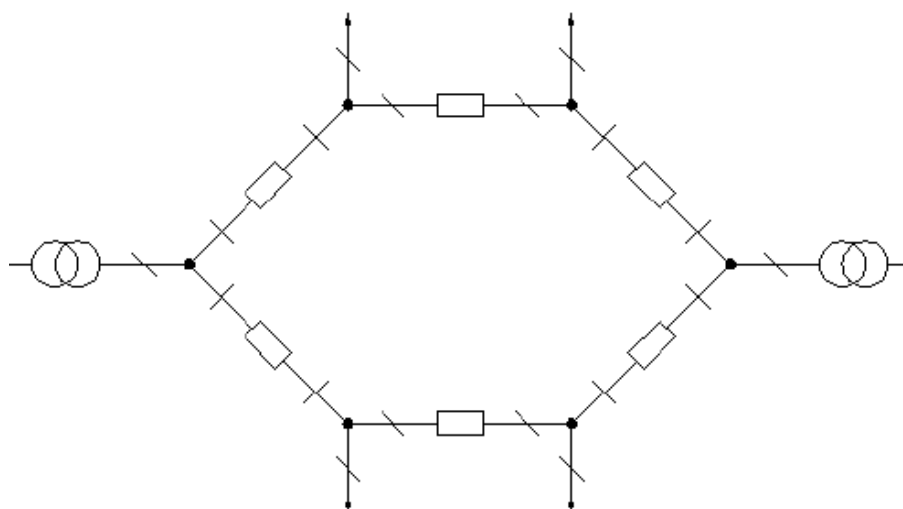
zkratovače u trans-
aformátoru

c)

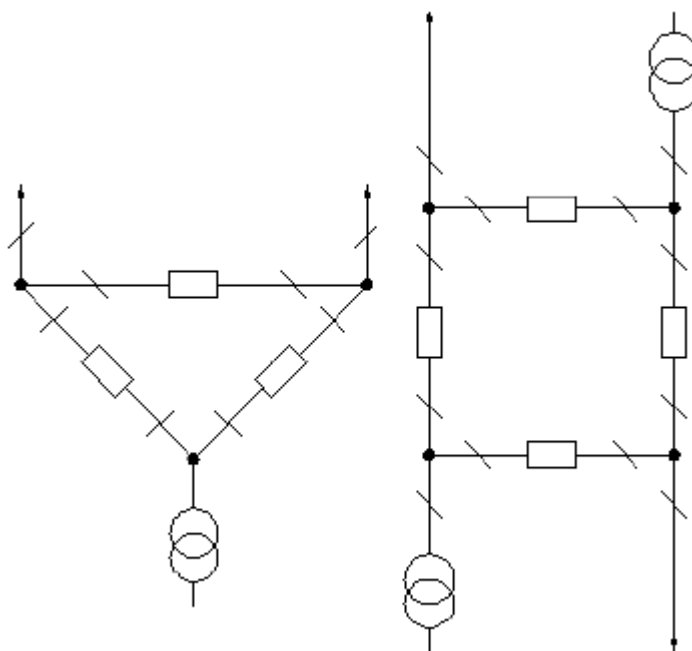


zkratovače, pojistky vvn
a odpínače u transforma-
torů

Obr. č. 22. Schémata rozvodů 110 kV s náhradou vypínačů [1]



Obr. č. 23. Okružní systém přípojnic - šestiúhelník [6]



Obr. č. 24. Okružní systém přípojnic - trojúhelník, čtyřúhelník [6]

Provozní manipulace v rozvodně:

Při provádění simulací v programu PAS DAISY off - line se pracovalo pouze s výslednými stavy (zapnuto, vypnuto) nikoliv s jednotlivými prvky (vypínač, odpojovač). Toto je ale nedostačující při práci síťového dispečera (popř. pracovníka rozvodny), ten musí znát přesné postupy zapínání a vypínání, aby nedošlo při špatné manipulaci k výpadku dodávky el. energie případně ke zničení zařízení VVN. Ovšem ke zničení zařízení by docházet nemělo, jelikož jsou při návrhu stanice uvažovány určité blokové podmínky pro přístroje. Blokování

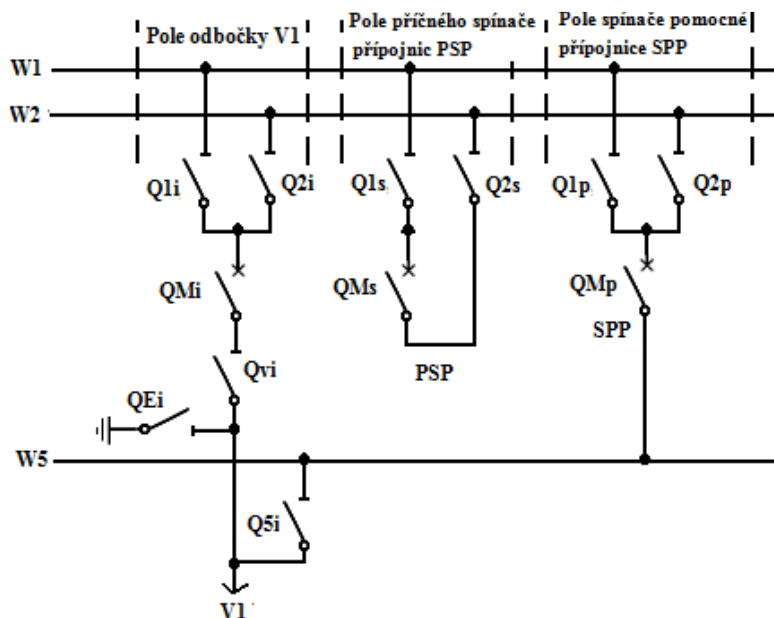
může být prováděno elektricky, hydraulicky a pneumaticky. Řízení sítě a provádění potřebných manipulací bývá v dnešní době prováděno dálkově z centrálního dispečinku. Pro případ poruchy je možné provádět samotné manipulace v dané rozvodně i ručně, jako tomu bylo i v dobách, kdy ještě nebyla využívána výpočetní technika.

Odpojovače není možné využívat ke spínání pod zatížení (neobsahují zhášecí komoru). Slouží k viditelnému odpojení elektrického zařízení od napětí. V zapnutém stavu musí snést i zkratový proud. Ve vypnutém stavu nesmí dojít k přeskoku ani přetížení. K zapínání a vypínání zařízení pod zatížením slouží výkonové vypínače (zapínají i vypínají i zkratové proudy - mají zhášecí komoru). Pomocí odpojovačů v podstatě vytvoříme přenosovou cestu (např. pro převedení na jinou sběrnou, zapnutí a vypnutí vývodu apod.) po které bude po zapnutí výkonového vypínače protékat proud.

Za základní provozní manipulace s přístroji v odbočkách lze považovat tyto manipulace: [6]

- Zapínání nebo vypínání jednotlivých přístrojů v odbočce. Je to nejnižší úroveň operací. Z těchto operací jsou sestaveny dále uváděné manipulace.
- Zapínání a vypínání odboček na zvolený přípojnicový systém.
- Převedení odbočky (jedné nebo více) z jednoho přípojnicového systému na jiný.
- Převedení všech odboček na zvolený přípojnicový systém.
- Převedení odbočky na náhradní provoz.
- Vypnutí nebo zrušení náhradního provozu.
- Sepnutí nebo rozepnutí podélných úseku.

Některé z těchto manipulací si popíšeme na následujícím obrázku.



Obr. č. 25. Dvojitý systém přípojníc s pomocnou přípojnicí [6]

Nyní si popíšeme tento obrázek, abychom nemuseli při popisu manipulace vždy upřesňovat, o který přístroj se jedná, ale popisovaly se pouze zkratky a jejich výsledné stavy.

W1, W2 - hlavní přípojnice, W5 - pomocná přípojnice, Q1i, Q2i - přípojnicové odpojovače odbočky V1, Q1s, Q2s - přípojnicové odpojovače příčného spínače přípojnic, Q1p, Q2p - přípojnicové odpojovače spínače pomocné přípojnice, QMi - výkonový vypínač odbočky V1, QMs - výkonový vypínač příčného spínače přípojnic, QMp - výkonový vypínač spínače pomocné přípojnice, Qvi - vývodový odpojovač odbočky V1, QEi - odpojovač směrem k uzemnění (tzv. zemnicí nůž), Q5i - odpojovač pomocné přípojnice v odbočce V1.

Pro zjednodušení schématu zde není (ani v předchozích schématech stanic) uvedena veškerá přístrojová výzbroj odbočky. Odbočky VVN bývají zpravidla s plnou výzbrojí. V odbočce bývá dále (za výkonovým vypínačem QMi) přístrojový transformátor proudu a napětí PTP, PTN (pro napájení MTP a MTN). Dále obsahují měřicí a ochranná zařízení (měřicí transformátor proudu MTP, měřicí transformátor napětí MTN, bleskojistky a další různé ochrany) nebo zařízení pro přenos dispečerských zpráv po dálkovém vedení (tedy tlumivky a kondenzátory na vývodu) a případně další výzbroj. Z hlediska funkce máme odbočky hlavní (generátorové, transformátorové), které slouží k odvádění výkonu z přípojnic do jednotlivých větví ES a vedlejší (určeny ke spínacím a měřicím úkonům v rozvodně)

Výchozí stav: Přípojnice W1 pod napětím - odbočka V1 vypnuta a uzemněna
(Zapnuto QEi, vše ostatní vypnuto).

Zadání: Zapnout odbočku V1.

Manipulace: Vypnutí QEi - Zapnutí Q1i - Zapnutí Qvi - Zapnutí QMi.

Výchozí stav: Přípojnice W1 v provozním stavu s odbočkou V1
(Zapnuto Q1i, Qvi, QMi).

Zadání: Vypnout odbočku V1.

Manipulace: Vypnutí QMi - Vypnutí Qvi - Vypnutí Q1i - případně Zapnutí QEi (zemnicí nůž).

Výchozí stav: Přípojnice W1 v provozním stavu s odbočkou V1
(Zapnuto Q1i, Qvi, QMi).

Zadání: Převedení odbočky V1 z přípojnice W1 na přípojnici W2.

Manipulace: Zapnutí Q1s - Zapnutí Q2s - Zapnutí QMs - Zapnutí Q2i - Vypnutí Q1i - Vypnutí QMs - KONEC - vrátit do původní polohy odpojovače PSP - Vypnutí Q1s - Vypnutí Q2s.

Výchozí stav: Přípojnice W1 v provozním stavu s odbočkou V1
(Zapnuto Q1i, Qvi, QMi)

Zadání: Uveďte odbočku V1 na náhradní provoz (odbočka je připojena přes pomocnou přípojnici W5.) Pouze jedna odbočka smí být současně zapojena přes pomocnou přípojnici W5. Pomocná přípojnice se dimenzuje podle nejvíce zatížené odbočky.

Manipulace: Zapnutí Q1p - Zapnutí Q5i - Zapnutí QMp - Vypnutí QMi - Vypnutí Q1i. Bude - li se pracovat na zařízení, sepne se zemnicí nuž, který je u přípojnicového odpojovače Q2i (ve schématu není znázorněn).

Výchozí stav: Odbočka V1 v náhradním provozu z přípojnice W1
(Zapnuto Q1p, Q5i, QMp)

Zadání: Zrušení náhradního provozu pro odbočku V1(zpět se přepojí na W1).

Manipulace: Zapnutí Qvi - Zapnutí Q1i - Zapnutí QMi - Vypnutí QMp - Vypnutí Q5i - Vypnutí Q1p.

5.2.1. Současný stav sítě 110 kV oblasti Morava

Současný stav transformačního výkonu PS /110 kV v oblasti pokrývá současnou spotřebu a nejbližší požadované navýšení zatížení u odběrů. Některé transformátory PS/110 kV při maximálním zatížení dosahují mezní hodnoty instalovaného transformačního výkonu. Z hlediska budoucího vývoje zatížení bude třeba tyto transformátory vyměnit. V posledních letech zažívá tato oblast značný stavební rozmach. Vznikají nové projekty typu administrativních, bytových, obchodních center a průmyslových zón, které představují značný nárůst zatížení v dané soustavě. V důsledku zvýšení zatížení je nutné provádět posílení DS v této oblasti. Proto dochází k výstavbám nových rozvodných zařízení (KLETNÉ) případně rekonstrukci stávajících rozvodů, navýšení přenosové schopnosti vedení (rekonstrukce vedení) a výměny transformátorů za transformátory s větším instalovaným výkonem. Tyto rekonstrukce jsou nezbytné také pro udržení stability provozu DS v nejkritičtějších podmínkách a při maximálním zatížení. S výstavbou sedmého uzlového bodu (Rozvodny Kletné 400/110 kV) došlo k významnému výkonovému posílení v této oblasti. Tato stavba představuje instalovaný transformační výkon 700 MVA, který je srovnatelný s instalovaným výkonem jedné elektrárny (např. elektrárny Dětmárovice s instalovaným výkonem 800 MW). Ovšem plně požadované spolehlivosti bude zajištěno až doplněním transformátorů 400/110 kV v Prosenicích.

Tab. č. 6. Volná transformační kapacita na vedeních 110 KV ČEZ Distribuce, a. s - oblast Morava [17]

Číslo vedení (-)	Volná kapacita (MVA)	Číslo vedení (-)	Volná kapacita (MVA)	Číslo vedení (-)	Volná kapacita (MVA)
V591-V594	5	V560	0	V631, V632	0
V587, V588	0	V561, V562	0	V641, V642	0
V595, V596	0	V575, V565, V566	0	V617, V649, V650	0
V597, V600	5	V567, V568	0	V637, V638	0
V5606, V5609, V5610	5	V571	30	V5691, V5692	0
V585, V586	0	V577, V578	0	V645, V646, V677	0
V685, V686	0	V649, V650, V5619, V5620	0	V629, V630, V678	0
V687, V688, V689	0	V613, V614, V615, V616	0	V671, V673, V674	0
V681, V682, V683	0	V647, V648	0	V601, V602	30
V551, V552	20	V651, V652	0	V661, V662	0
V553, V554, V581, V582	20	V633, V634	0	V603, V604	0

Tab. č. 7. Volná transformační kapacita na distribučních transformátorech 110 kV/VN ČEZ Distribuce, a. s - oblast Morava [17]

Rozvodna (-)	Volná kapacita (MVA)	Rozvodna (-)	Volná kapacita (MVA)	Rozvodna (-)	Volná kapacita (MVA)
Albrechtice (ALB)	11	Hoštice (HOSE)	0	Prosenice (PRN)	20
Bohumín (BOHE)	0	Hranice (HRNE)	0	Paskov (PASK)	0
Bruntál (BRUN)	8	Karviná (KARP)	0	Příbor (PRIR)	0
Břidličná (BRID)	17	Kojetín (KOJN)	0	Ráječek (RAJK)	30
Černá louka (CLOU)	0	Krnov (KRVN)	22	Riviéra (RIVI)	0
Červenka (CERV)	0	Kunčice (KUNC)	0	Ropice (ROPC)	0
Česká Ves (CEVE)	5	Lískovec (LIS)	0	Stonava (STON)	20
Dluhonice (DLUH)	35	Martinov (MART)	0	Šternberk (STER)	0
Dolní Benešov (DOBE)	0	Mohelnice (MOHE)	0	Šumperk (SUMP)	5
Doubrava (DOUV)	20	Nošovice (NOS)	0	Teplána Ostrava (OVET)	0
Elektrárna Třebovice (ETBE)	0	Nový Jičín (NOJI)	0	Třemešná (TRME)	9
Frenštát západ (FRNZ)	0	Odry (ODRY)	0	Valašské Meziříčí (VME)	0
Frýdlant (FRYO)	0	Olomouc-Holice (-)	18	Vítkov (VITK)	0
Hanušovice (HANU)	5	Olomouc sever (OLCS)	0	Vrbno (VRBN)	10
Havířov "B" (HAVB)	23	Opava - Jakař (OPJA)	0	Vsetín (VSTN)	0
Hodolany (HDLN)	35	Orlová (ORLU)	0	Výškovice (VYSC)	0

V Tab. č. 6 a Tab. č. 7 jsou pouze orientační hodnoty pro případné připojení potencionálního zákazníka. Z důvodu propojené distribuční sítě 110 kV je nutné všechny reálné požadavky na připojení ověřit výpočtem, který zajistí provozovatel distribuční transformační stanice. Výpočet volné kapacity je prováděn s ohledem na kritérium n-1.

5.3. Rozvodna Nošovice (NOS)

Rozvodna 110 kV je provedena jako venkovní s dvěma hlavními systémy přípojníc a jednou samostatnou pomocnou přípojnicí. U přípojníc je využito jak příčného, tak podélného dělení. Hlavní přípojnice je tedy možné rozdělit až na 4 samostatné sekce. Za normálního stavu je podélné dělení sepnuto a příčný spínač rozpojen. Napájení této rozvodny je z nadřazené soustavy napětím 400 kV. Tímto napětím jsou napájeny dva transformátory s transformací 400/100 kV (T401, T402) a se jmenovitým výkonem $S_n = 250$ MVA. V rozvodně jsou také připojeny dva konzumní transformátory T101, T102. Zkratová odolnost na straně 110 kV je $S_k = 5000$ MVA a na straně 400 kV je $S_k = 34641$ MVA a $I_k'' = 50$ kA. Rozvodna NOS je propojena pomocí vedení 110 kV s rozvodnami ROPC (V5691, V5692), RIVI (V637, V638) a LIS (V637, V638, V699)(viz. Příloha č. 1) [18]¹.

5.4. Rozvodna Albrechtice (ALB)

Rozvodna 110 kV je provedena jako venkovní se dvěma hlavními systémy přípojníc a jednou samostatnou pomocnou přípojnicí. Systém přípojníc může využít podélné a příčné

dělení. Podélným dělením je možné hlavní přípojnice rozdělit až na 4 samostatné sekce. Za normálního stavu je podélné dělení sepnuto a příčný spínač rozpojen. Dva transformátory 400/110 kV (T401, T402) se jmenovitým výkonem $S_n = 250$ MVA jsou napájeny s nadřazené soustavy. V rozvodně se také nacházejí dva konzumní transformátory T101, T102. Rozvodna slouží také pro odvádění výkonu ze třetího a čtvrtého bloku elektrárny Dětmárovice a z teplárny Karviná. Zkratová odolnost na straně 110 kV je $S_k = 4000$ MVA a na straně 400 kV je $S_k = 17321$ MVA a $I_k'' = 25$ kA. Rozvodna ALB je propojena pomocí vedení 110 kV s rozvodnami HAVB (V667, V668), STON (V627, V628), TKAR (V624, V625), ROPC (V601, V602), DOUV (V696, V674), ČSAR (V671), DCSM (V674), DDKL (V677), VRAT (V646) a elektrárnou Dětmárovice (ELDE) vedením V693 (viz. Příloha č. 1) [18] ¹.

5.5. Rozvodna Horní Životice (HZI)

Rozvodna 110 kV je provedena jako trojitý systém přípojníc s jednou samostatně vedenou pomocnou přípojnící. Systém přípojníc může využít pouze příčné spínání. V normálním stavu je příčný spínač rozpojen a napájeny jsou pouze sběrný A a B. Dva transformátory 400/110 kV (T401, T402) se jmenovitým výkonem $S_n = 250$ MVA jsou napájeny s nadřazené soustavy. Zkratová odolnost na straně 110 kV je $S_k = 7621$ MVA a na straně 400 kV je $S_k = 34641$ MVA. Zkratový proud na straně 110 kV je $I_k'' = 40$ kVA a na straně 400 kV je $I_k'' = 50$ kVA. Rozvodna HZI je propojena pomocí vedení 110 kV s rozvodnami BRID (V600), BRUN (V5606), KRVN (V5609, V5610), HOSE, OPJA (V688, V687) a VTRE (V5635). V této rozvodně je na straně 110 kV připojen vysílač HDO signálu. Je to jedna z mála výjimek v síti 110 kV, jelikož tyto vysílače se zpravidla připojují na hladinu 22 kV. (viz. Příloha č. 1) [18] ¹.

5.6. Rozvodna Krasíkov (KRA)

Rozvodna 110 kV je provedena jako trojitý systém přípojníc s jednou samostatně vedenou pomocnou přípojnící. Systém přípojníc může využít podélné a příčné dělení. Podélným dělením je možné hlavní přípojnice rozdělit až na 6 samostatných sekcí. V normálním stavu jsou sepnuty příčné i podélné spínače přípojníc. Tři transformátory 400/110 kV (T401, T402, T403) se jmenovitým výkonem $S_n = 350$ MVA jsou napájeny s nadřazené soustavy. Transformátory pracují v můstkovém zapojení. Zkratový proud na straně 110 kV je $I_k'' = 40$ kVA. Rozvodna KRA je propojena pomocí vedení 110 kV s rozvodnami HSCD (V591, V592) a RAJK (V591, V592, V593, V594) a ještě z rozvodnami spadající pod region Střed. (viz. Příloha č. 1) [18] ¹.

5.7. Rozvodna Lískovec (LIS)

Rozvodna 110 kV je provedena jako trojitý systém přípojníc s jednou samostatně vedenou pomocnou přípojnicí. U přípojníc je možné využít příčné a podélné dělení. V základním stavu je sepnuto podélné dělení mezi sběrnami A1 - A2 a B1 - B2. Úseky C1 - C2 jsou vedeny samostatně. Příčné spínače jsou rozpojeny. Výjimkou zde tvoří úsek A1 - A2, který je v normálním provozu napájen z uzlu NOS. Tři transformátory 220/110 kV (T202, T203, T204) se jmenovitým výkonem $S_n = 200$ MVA jsou napájeny s nadřazené soustavy. Dále se zde nacházejí tři konzumní transformátory T101, T102 a T103. Zkratová odolnost na straně 110 kV je $S_k = 2500$ MVA a na straně 220 kV je $S_k = 5000$ MVA. Rozvodna LIS je propojena pomocí vedení 110 kV s rozvodnami BIOČ (V607, V608), FRYO (V649), FRNZ (V650), PRIR (V617, V659, V660), DSTA (V659, V660), NOS (V699, V637, V638), ZLIS (V620, V619), RIVI (V637, V638), VRAT (V641, V642), ALB (V611, V612, V619), VYSC (V647) a elektrárnou Třebovice (ETBE) vedením V614, V615 a V616 (viz. *Příloha č. 1*) [18]¹.

5.8. Rozvodna Prosenice (PRN)

Rozvodna 110 kV je provedena se dvěma hlavními systémy přípojníc a jednou samostatnou pomocnou přípojnicí. Je zde možné využít pouze příčné spínání přípojníc. V normálním provozu je příčný spínač rozpojen a napájená je pouze sběrna B. Dva transformátory 220/110 kV (T201, T202) se jmenovitým výkonem $S_n = 200$ MVA jsou napájeny s nadřazené soustavy. V rozvodně se také nacházejí dva konzumní transformátory T101, T102. Zkratová odolnost na straně 110 kV je $S_k = 3500$ MVA a na straně 220 kV je $S_k = 7500$ MVA. Rozvodna PRN je propojena pomocí vedení 110 kV s rozvodnami HRNE (V577, V578), RYLV (V571), DLUH (V581, V582) a HDLN (V553, V554) (viz. *Příloha č. 1*) [18]¹.

5.9. Rozvodna Kletné (KLT)

Jedná se o poměrně novou rozvodnu, která doplnila stávající uzlové body ES v regionu Morava. Je tvořena jako trojitý systém přípojníc s jednou samostatně vedenou pomocnou přípojnicí. Je zde možné využít pouze příčné dělení sběrů. V normálním stavu jsou příčné spínače rozpojeny a napájeny jsou pouze sběrný W2 a W3. Dva transformátory 400/110 kV (T401, T402) se jmenovitým výkonem $S_n = 350$ MVA jsou napájeny s nadřazené soustavy. V rozvodně se také nacházejí dva konzumní transformátory T101, T102. Rozvodna KLT je propojena pomocí vedení 110 kV s rozvodnami VITK (V5659), ODRY (V5660), HRNE (V5661, V5662), SDČD (V5661, V5662), STČD (V651, V652). Na hladině 110 kV je připojený vysílač signálu HDO (stejně jako u rozvodny HZI) (viz. *Příloha č. 1*) [18]¹.

¹ Pozn: Názvy rozvodů jsou popisovány pomocí dispečerských zkratk. Jejich přesné názvy jsou uvedeny v seznamu použitých symbolů a zkratk. Hodnoty uvedené v závorkách za dispečerskými zkratkami označují jednotné číselné značení vedení 110 kV, kterými jsou dané rozvodny mezi sebou propojeny.

6. Rekonstrukce na období 2014 - 2016

V této práci se uvažují jen některé rekonstrukce, které budou probíhat pod záštitou skupiny ČEZ (popřípadě ve spolupráci se skupinou ČEPS) v období 2014 - 2016. Vybrané rekonstrukce se nacházejí v oblasti Morava (Moravskoslezský, Olomoucký a Zlínský kraj). Jedná se o rekonstrukci nevyhovujících vedení, výměnu konzumního transformátorů VVN/VN, výměnu přenosových transformátorů PS/DS a rekonstrukci rozvodny.

1) Vedení:

- a) V595, V596 v úseku Raječek (RAJK) - Šumperk (SUMP)
- b) V587, V588, V572 v úseku Raječek (RAJK) - Mohelnice (MOHE) - Červenka (CERV)

2) Transformátory:

- a) Transformátor VVN/VN T101 Frydlant (FRYO)
- b) Transformátor PS/DS T202 Lískovec (LIS)
- c) Transformátor PS/DS T402 Nošovice (NOS)

3) Rozvodna:

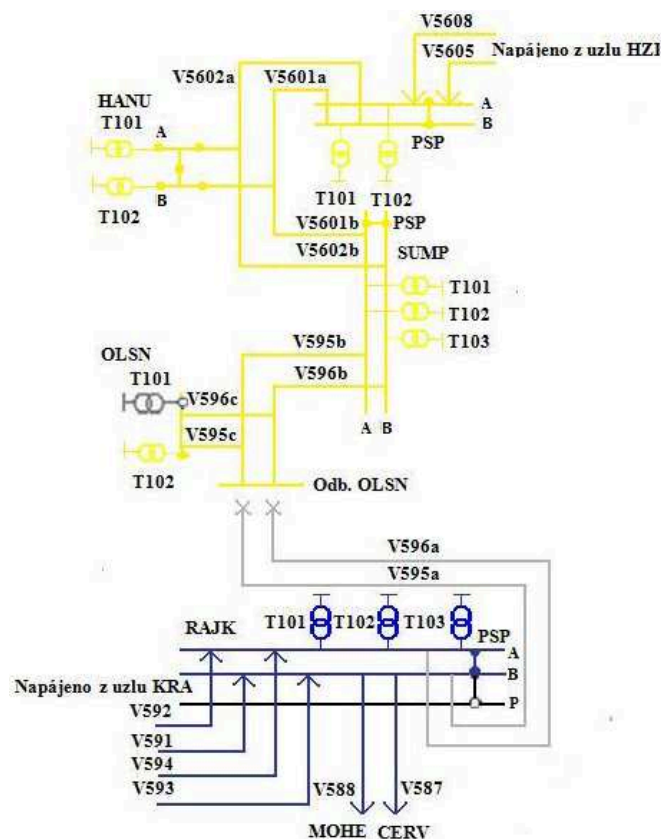
- a) Rozvodna Prosenice (PRN) 110 kV

Číselné zkratky u jednotlivých transformátorů odpovídají primárnímu napětí jednotlivých transformátorů (např. T402 - $U_1 = 400$ kV, $U_2 = 110$ kV). Sekundární napětí závisí na tom za jakým účelem je transformátor v dané lokalitě respektive zda spadá pod působnost přenosové sítě PS nebo už distribuční sítě DS.

6.1. Rekonstrukce vedení V595, V596 v úseku RAJK - SUMP

Rekonstrukce bude postupně probíhat ve dvou etapách. V první etapě se rekonstruuje úsek V595a, V596a mezi rozvodnou RAJK a odbočkou OLSN. Ve druhé etapě se bude rekonstruovat úsek V595b, V596b mezi odbočkou OLSN a rozvodnou SUMP. Mezi odbočkou OLSN a rozvodnou OLSN byla již v minulosti provedena rekonstrukce vedení V595c, V596c.

1. Etapa rekonstrukce úseku V595a, V596a



Obr. č. 26. Napájení během 1. etapy rekonstrukce RAJK - SUMP

Základní napájení:

Vedení V595a, V596a jsou vypnuta a odpojena v rozvodně RAJK a odpojena (rozsforkována) z odbočného stožáru OLSN. Rozvodny SUMP, HANU a OLSN budou napájeny místo z uzlu KRA z uzlu HZI transformátorem T401. Toho dosáhneme sepnutím příčné spojky mezi sběrnami A-B v rozvodně CEVE. Rozvodná SUMP je tedy napájena z „druhé“ strany z rozvodny CEVE vedením V5601, V5602.

Záložní napájení:

Při výpadku T401 HZI bude dotčenou oblast napájet T402 HZI. Pro převzetí zatížení z T401 na T402 se převede odbočka ze sběrný B na sběrný C. Současně se musí na sběrný C převést taky vedení V687, V688. Pro převedení odbočky z jednoho systému na druhý využijeme příčnou spojku (poté se spojka opět rozpojí). Dále jako záloha slouží sami sobě jednotlivá paralelní vedení. Například při výpadku vedení V5601 přebere jeho zatížení V5602 a zatížení se na něm zvýší z 23 % na 44 %.

Tab. č. 8. Zatížení vedení během první etapy rekonstrukce RAJK - SUMP (Příloha č. 1, Příloha č. 7, Příloha č. 8) ²

Zatížení vedení:			Současný stav		Výpadek V595a,V596a bez odlehčení zátěže		Výpadek V595a,V596a s odlehčením zátěže	
Vedení VVN	Úsek od - do	Maximální proud	Skutečný proud	Procentní zatížení	Skutečný proud	Procentní zatížení	Skutečný proud	Procentní zatížení
(-)	(-)	I_{\max} (A)	I (A)	$I_{\%}$ (%)	I (A)	$I_{\%}$ (%)	I (A)	$I_{\%}$ (%)
V596a	RAJK - odb. OLSN	455	127,8	28	0	0	0	0
V595a	RAJK - odb. OLSN	455	109,3	24	0	0	0	0
V596b	odb. OLSN - SUMP	455	91	20	0	0	40,1	9
V595b	odb. OLSN - SUMP	455	109,2	24	40,1	9	3,7	1
V596c	odb. OLSN - OLSN	400	39,5	10	3,7	1	42,7	11
V595c	odb. OLSN - OLSN	400	0	0	42,1	11	0	0
V5601a	odb. HANU - CEVE	530	10,6	2	134,1	25	133,1	25
V5602a	odb. HANU - CEVE	530	5,3	1	123,5	23	122,5	23
V5601b	SUMP - odb.HANU	530	21,2	4	106	20	106	20
V5602b	SUMP - odb.HANU	530	10,6	2	121,9	23	121,9	23
V5608	TRME - CEVE	455	64,9	14	187,9	41	174	38
V5605	VRBN - CEVE	455	63,6	14	204,2	45	215	47
V685	KRNV - VRBN	455	105,4	23	247,4	55	213,5	47
V686	KRNV - TRME	455	93,8	21	217,6	48	203,6	45
V599	BRUN - KRNV	455	45,9	10	111,8	25	99,9	22
V5609	HZI - KRNV	455	113,7	25	214,2	47	196,1	43
V5606	HZI - BRUN	530	123,3	23	190,5	36	178,4	34

6.1.1. Kontrola kritéria n-1 v 1. etapě rekonstrukce vedení V595a, V596a

Kontrola byla prováděna pro vedení vycházející z rozvodny SUMP směrem ke zdroji do uzlu HZI a také pro samotný zdroj T401. Kontrola probíhala pro jedno z paralelních vedení a sledovalo se, zda při výpadku nedochází k přetížení ostatních vedení (směrem ke zdroji) popřípadě transformátorů T401. Na závěr se provedl výpadek T401, aby se ověřilo že T402 nebude přetížen. Při výpadku V5601, V5606 a V599 je kritérium n-1 splněno, ovšem vypadne-li vedení V685 dojde k přetížení V686 na 115 % a V5608 na 108 %. Pro případ řešení poruchového stavu je toto řešení přijatelné (krátkodobě vedení snesou zatížení cca 140 %), ale z hlediska dlouhodobějšího stavu je nepřijatelné (zvyšují se ztráty, přetěžováním se zkracuje životnost apod.). Pro případ dlouhodobého stavu se provede odlehčení sítě o konzumní transformátor T102 ve VRBN. Převodu odběr T102 ($P = 8,5$ MW, $Q = 0,8$ MVar, $I = 226,1$ A)

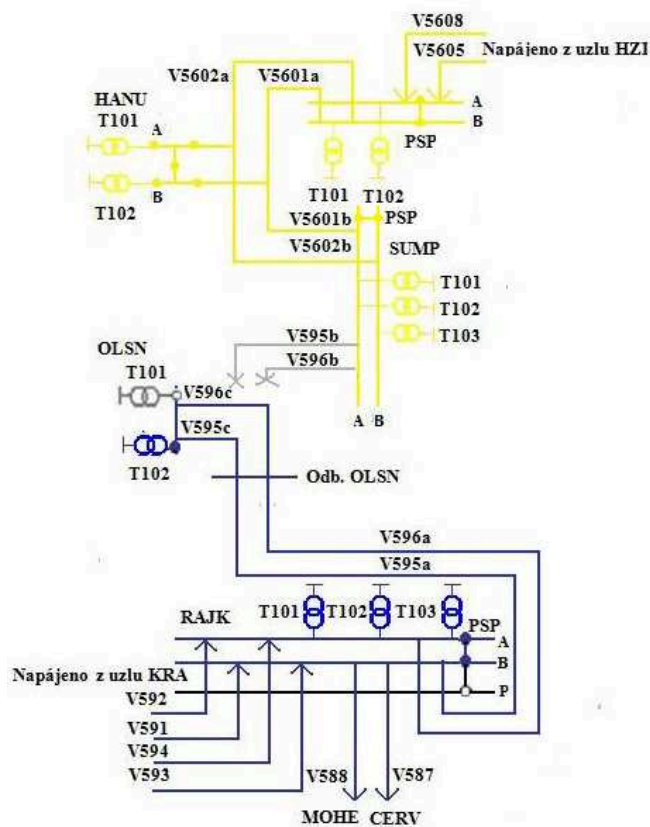
z rozvodny VRBN na transformátor T101 v rozvodně BRID po VN síti. Tímto krokem se odstranilo přetížení vedení. Vedení V686 je nyní zatíženo 100 % a V5608 na 93 %. Při výpadku T401 bude T402 zatížen na 93 %.

Tab. č. 9. Kontrola kritéria $n-1$ v 1. etapě rekonstrukce (Příloha č. 1, Příloha č. 7, Příloha č. 9, Příloha č. 10, Příloha č. 11, Příloha č. 12, Příloha č. 13)²

Pozn.: Hodnota I _{max.} u přenosových transformátorů se uvažuje ze strany vyššího napětí - ZVN															
Zařízení VVN	Maximální proud	Současný stav		Zatížení v 1. etapě bez odlečení		Výpadek V5601		Výpadek V685		Výpadek V599		Výpadek V5606		Výpadek T401 HZI	
Typ	I _{max.}	I	I _%	I	I _%	I	I _%	I	I _%	I	I _%	I	I _%	I	I _%
(-)	(A)	(A)	(%)	(A)	(%)	(A)	(%)	(A)	(%)	(A)	(%)	(A)	(%)	(A)	(%)
V5601a	530	10,6	2	134,1	25	0	0	150,5	29	135	26	135,6	26	137,3	26
V5601b	530	21,2	4	106	20	0	0	116,6	22	106	20	106	20	106	20
V5602a	530	5,3	1	123,5	23	231,6	44	138,5	26	124,2	24	124,8	24	126,4	24
V5602b	530	10,6	2	121,9	23	231,6	44	138,5	26	124,2	24	124,8	24	124,8	24
V5608	455	64,9	14	187,9	41	175,9	39	490,3	108	189,1	42	189,9	42	192,3	42
V5605	455	63,6	14	204,2	45	190,4	42	50,6	11	205,4	45	206,3	45	208,9	46
V685	455	105,4	23	247,4	55	233,3	52	0	0	248,9	55	250	55	253,1	56
V686	455	93,8	21	217,6	48	205,2	45	520,9	115	218,9	48	219,8	49	222,6	49
V599	455	45,9	10	111,8	25	105,3	23	125,9	28	0	0	80,9	18	114,4	25
V5609	455	113,7	25	214,2	47	204,2	45	235	52	272,9	60	313,3	69	219	48
V5606	530	123,3	23	190,5	36	183,9	35	204,9	39	78,5	15	0	0	194,6	37
T401HZI	361	140,8	39	223,8	62	216,6	60	214,9	67	223,8	62	227,4	63	0	0
T402HZI	361	104,7	29	104,7	29	-	-	-	-	-	-	-	-	335,7	93

² Pozn: Hodnoty skutečného proudu uvedeny v tabulkách zatížení vedení se mohou mírně lišit i v případě stejného procentního zatížení. Každý sloupec odpovídá postupně dle výše uvedených příloh jinému zapojení části sítě, a proto se mohou lišit i napětí na přípojnících pro jednotlivé zapojení. Také tyto odchylky mohou být způsobeny programem PAS DAISY OFF- line při výpočtu procentního zatížení a následném zaokrouhlování na celé číslo. Hodnoty zatížení vedení 1 % apod. není možné považovat za vedení pod zatížením. Vedení jsou vypnuta a chyba je zřejmě způsobena při výpočtu chodu sítě.

2. Etapa rekonstrukce úseku V595b, V596b



Obr. č. 27. Napájení během 2. etapy rekonstrukce RAJK - SUMP

Základní napájení:

V této části je již dokončena předešlá rekonstrukce. Vedení V595b V596b jsou vypnuta (výkonovým prvkem) a odpojena v rozvodně SUMP a rozsforkována na odbočném stožáru OLSN. Je zde využito napájení ze dvou uzlových oblastí a to z HZI (T401) a KRA (T402). Rozvodna SUMP zůstane stejně jako v první etapě napájená z uzlu HZI transformátorem T401 (v CEVE sepnuta spojka mezi sběrnami A-B). Z uzlu KRA (T402) napájíme přes rozvodnu RAJK zrekonstruovaným vedením V595a, V596a odbočku OLSN a zní přes V595c, V596c napájím rozvodnu OLSN. V RAJK ani KRA nedochází k žádným manipulacím, jelikož je již sepnutá příčná spojka mezi sběrnami A-B v RAJK. (Viz. Příloha č. 1).

Záložní napájení:

Pro oblast HZI ho tvoří T402 (stejně manipulace jako v 1. Etapě) a pro oblast KRA může být využito můstkové zapojení tamních transformátorů (T401, T402, T403). Jak již bylo řečeno další zálohu představují paralelní vedení vzájemně sami sobě. Týká se to vedení mezi

SUMP a uzlem HZI a vedení V595a, V596a napájené z uzlu KRA. Při výpadku jednoho z nich přebere zatížení druhé vedení, aniž by došlo k jeho přetížení. Není nutné provádět kontrolu pro výpadek vedení (směřující z RAJK do KRA) a transformátorů T402 KRA, jelikož v základním stavu před rekonstrukcí napájel T402 KRA větší oblast než v této části rekonstrukce a přesto nedošlo k jeho přetížení případně k přetížení vedení spojujících RAJK a KRA. Při výpadku V5601 se na V5602 zvýší zatížení z 19 % na 35 %.

Tab. č. 10. Zatížení vedení během druhé etapy rekonstrukce RAJK - SUMP (Příloha č. 1, Příloha č. 14, Příloha č. 15) ²

Zatížení vedení:			Současný stav		Výpadek V595b,V596b bez odlehčení zátěže		Výpadek V595b,V596b s odlehčením zátěže	
Vedení VVN	Úsek od - do	Maximální proud	Skutečný proud	Procentní zatížení	Skutečný proud	Procentní zatížení	Skutečný proud	Procentní zatížení
(-)	(-)	I _{max} (A)	I (A)	I _% (%)	I (A)	I _% (%)	I (A)	I _% (%)
V596a	RAJK - odb. OLSN	455	127,8	28	38,2	8	38,2	8
V595a	RAJK - odb. OLSN	455	109,3	24	4	1	4	1
V596b	odb. OLSN - SUMP	455	91	20	0	0	0	0
V595b	odb. OLSN - SUMP	455	109,2	24	0	0	0	0
V596c	odb. OLSN - OLSN	400	39,5	10	39,2	10	39,2	10
V595c	odb. OLSN - OLSN	400	0	0	0	0	0	0
V5601a	odb. HANU - CEVE	530	10,6	2	111,9	21	111,1	21
V5602a	odb. HANU - CEVE	530	5,3	1	101,4	19	100,7	19
V5601b	SUMP - odb.HANU	530	21,2	4	84,8	16	79,5	15
V5602b	SUMP - odb.HANU	530	10,6	2	101,4	19	100,7	19
V5608	TRME - CEVE	455	64,9	14	166,4	37	152,9	34
V5605	VRBN - CEVE	455	63,6	14	179,7	39	190,7	42
V685	KRNV - VRBN	455	105,4	23	222,7	49	189,4	42
V686	KRNV - TRME	455	93,8	21	196,1	43	182,5	40
V599	BRUN - KRNV	455	45,9	10	100,4	22	88,7	20
V5609	HZI - KRNV	455	113,7	25	196,7	43	179	39
V5606	HZI - BRUN	530	123,3	23	178,7	34	166,9	32

6.1.2. Kontrola kritéria n-1 ve 2. etapě rekonstrukce vedení V595b, V596b

Kontrola byla prováděna pro stejná vedení a transformátor jako v první etapě. Stejně jako v předešlé části došlo k přetížení při výpadku V685, s tím rozdílem, že bude přetíženo pouze vedení V686 a to ještě v menší míře než v 1 etapě. Bylo to způsobeno tím, že na rozdíl od

první etapy bude uzel HZI zatížen méně o odběr OLSN, který bude nyní napájen z uzlu KRA. U přetíženého vedení došlo k nárůstu zatížení ze 43 % na 101%. Jak již bylo zmíněno tak krátkodobé přetížení je přípustné, ale při dlouhodobějším by se volilo opět odlehčení T102 z VRBN na BRID po VN síti. Převodu odběr T102 ($P = 8,5 \text{ MW}$, $Q = 0,8 \text{ MVar}$, $I = 226,1 \text{ A}$) z rozvodny VRBN na transformátor T101 v rozvodně BRID po VN síti. Při výpadku T401 bude T402 zatížen na 89 %.

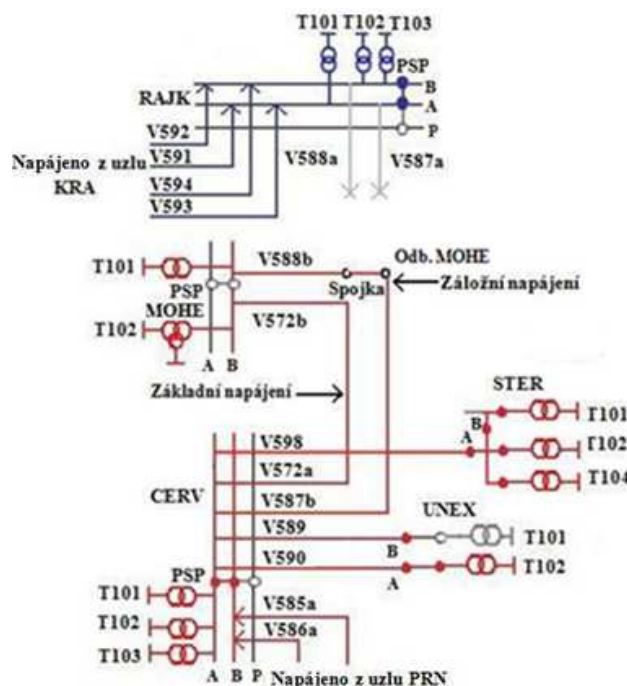
Tab. č. 11. Kontrola kritéria n-1 ve 2. etapě rekonstrukce (Příloha č. 1, Příloha č. 14, Příloha č. 16, Příloha č. 17, Příloha č. 18, Příloha č. 19, Příloha č. 20) ²

Pozn.: Hodnota I_{\max} u přenosových transformátorů se uvažuje ze strany vyššího napětí - ZVN															
Zařízení VVN	Maximální proud	Současný stav		Zatížení ve 2. etapě bez odlehčení		Výpadek V5601		Výpadek V685		Výpadek V599		Výpadek V5606		Výpadek T401 HZI	
Typ	I_{\max}	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$
(-)	(A)	(A)	(%)	(A)	(%)	(A)	(%)	(A)	(%)	(A)	(%)	(A)	(%)	(A)	(%)
V5601a	530	10,6	2	111,9	21	0	0	122,4	23	112,5	21	112,9	21	114,3	22
V5601b	530	21,2	4	84,8	16	0	0	90,1	17	84,8	16	84,8	16	84,8	16
V5602a	530	5,3	1	101,4	19	185,8	35	110,9	21	101,9	19	102,3	19	103,6	20
V5602b	530	10,6	2	101,4	19	185,8	35	110,9	21	101,9	19	102,3	19	103,6	20
V5608	455	64,9	14	166,4	37	153,7	34	427,4	94	167,3	37	167,9	37	170	37
V5605	455	63,6	14	179,7	39	165,1	36	48,9	11	180,6	40	181,3	40	183,6	40
V685	455	105,4	23	222,7	49	207,8	46	0	0	223,9	49	224,7	50	227,5	50
V686	455	93,8	21	196,1	43	183	40	457,7	101	197,1	43	197,8	44	200,3	44
V599	455	45,9	10	100,4	22	93,4	21	110,1	24	0	0	80,5	18	102,5	23
V5609	455	113,7	25	196,7	43	186,1	41	211,2	47	248,4	55	289,2	64	200,8	44
V5606	530	123,3	23	178,7	34	171,8	32	188,9	36	78,2	15	0	0	182,4	34
T401HZI	361	140,8	39	209,4	58	202,2	56	223,8	62	209,4	58	213	59	0	0
T402HZI	361	104,7	29	104,7	29	-	-	-	-	-	-	-	-	321,3	89

6.2. Rekonstrukce vedení V587, V588, V572 v úseku RAJK - MOHE - CERV

Rekonstrukce bude postupná a je rozdělena do tří etap. V jednotlivých etapách jsou vedení rozděleny na dílčí úseky, ve kterých smí být prováděna daná rekonstrukce.

1. Etapa rekonstrukce úseku V588a, V587a



Obr. č. 28. Napájení během 1. etapy rekonstrukce RAJK - MOHE - CERV

Základní napájení:

Paralelní vedení V588, V587 je vedeno v úseku RAJK - MOHE - CERV. V rámci simulace 1. etapy rekonstrukce je nejprve nutné vypnout na obou stranách vedení V588, V587 pomocí výkonových vypínačů. Vedení jsou sice vypnutá celá, ale rekonstrukce v této části bude probíhat pouze po odbočku MOHE. Tudíž řešíme pouze dílčí úsek vedení V588a, V587a podle Obr. č. 28. Při provádění konkrétní práce budou vedení v SUMP odpojována a rozsforkována v odbočce MOHE a nahrazena novými AlFe lany s větší přenosovou schopností. Vypnutím vedení V588, V587 zůstala přípojnice A v rozvodně CERV bez napájení a tudíž jsou bez napájení i rozvodny MOHE, STER a UNEX, které byly jinak předtím napájeny z uzlu KRA. V CERV sepneme příčný spínač mezi přípojnici A-B a díky tomu bude postižená oblast napájená z uzlu PRN transformátorem T202. Rozvodna MOHE je napájená z uzlu PRN vedením V572.

Záložní napájení:

Při výpadku vedení V572 spojujícího CERV a MOHE je zajištěno napájení tak, že se udělá na společném stožáru spojka (ve všech třech fázích) mezi vedeními V588b a V587b. Výhoda je v tom, že se tak nyní vyhnou použití by-passu. Další vedení směřující ke zdroji v PRN tvoří zálohu vzájemně sami sobě. Při výpadku T202 budou dotčené rozvodny napájeny z paralelního transformátorů T201 (po odlehčení zátěže nutné pro splnění kritéria splnění n-1).

Tab. č. 12. Zatížení vedení během první etapy rekonstrukce RAJK - MOHE - CERV (Příloha č. 1, Příloha č. 21, Příloha č. 22) ²

Zatížení vedení:			Současný stav		Výpadek V587,V588 bez odlehčení zátěže		Výpadek V587,V588 s odlehčením zátěže	
Vedení VVN	Úsek od - do	Maximální proud	Skutečný proud	Procentní zatížení	Skutečný proud	Procentní zatížení	Skutečný proud	Procentní zatížení
(-)	(-)	I_{\max} (A)	I (A)	$I_{\%}$ (%)	I (A)	$I_{\%}$ (%)	I (A)	$I_{\%}$ (%)
V587	CERV - RAJK	505	196,5	39	0	0	0	0
V588	MOHE - RAJK	505	176,2	35	0	0	0	0
V572	MOHE - CERV	505	75,6	15	105,5	21	104,8	21
V598	CERV - STER	400	96,6	24	100	25	99,4	25
V589	CERV - UNEX	455	0	0	0	0	0	0
V590	CERV - UNEX	455	35,5	8	36,7	8	36,5	8
V585a	CERV - odb. OLCS	505	3,2	1	196,1	39	178,1	35
V585b	HDLN - odb. OLCS	505	100,3	20	294,1	58	275,6	55
V585c	OLCS - odb. OLCS	455	98,1	22	100	22	99,5	22
V586a	CERV - odb. OLCS	505	3,2	1	190,9	38	206,6	41
V586b	HDLN - odb. OLCS	505	111	22	306,2	61	205,5	41
V586c	OLCS - odb. OLCS	455	114,2	25	116,4	26	0	0
V553	PRN - HDLN	530	152,7	29	267,5	51	243,6	46
V554	PRN - HDLN	530	152,7	29	267,5	51	243,6	46
V583	DLUH - HDLN	820	67,5	13	150,5	30	142,7	28
V570	OLCH - HDLN	820	12,7	2	81,6	10	74,2	9
V560	LUTN - HDLN	455	57	13	57,9	13	4,55	1
V555	LUTN - PRJV	455	0	0	0	0	50,1	11
V581	PRN - DLUH	820	171,1	21	251,8	31	216,3	26
V582	PRN - DLUH	820	171,1	21	251,8	31	216,3	26
V577	HRNE - PRN	820	85	10	86,3	11	4,2	1
V578	HRNE - PRN	820	85	10	86,3	11	4,2	1
V551	DLUH - odb. RICD	455	34,4	8	34,7	8	0	0
V552	DLUH - odb. RICD	455	21,5	5	21,7	5	0	0

6.2.1. Kontrola kritéria n-1 v 1. etapě rekonstrukce vedení V588, V587, V572

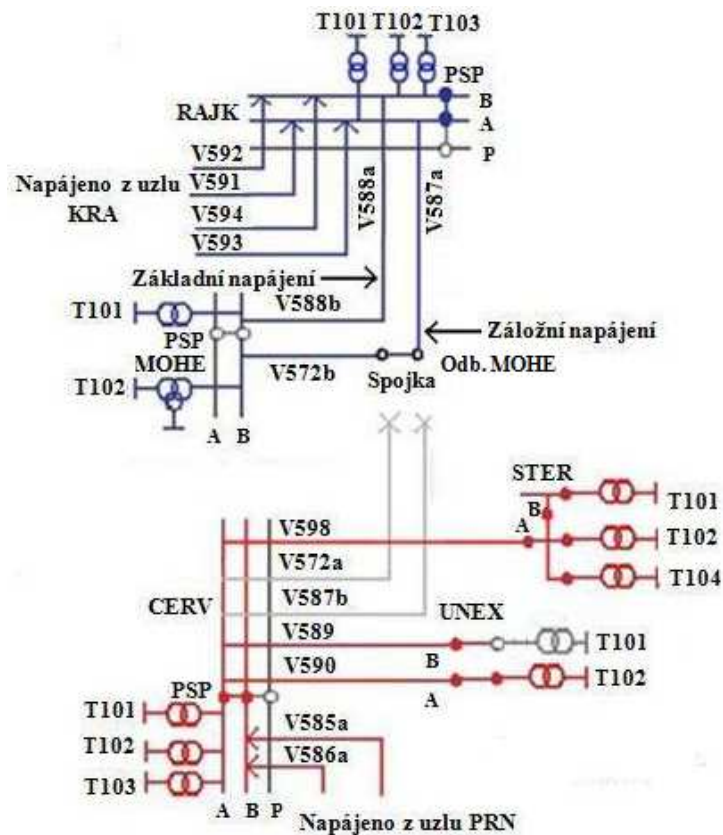
V Tab. č. 13 jsou uvedena zatížení vedení během první etapy rekonstrukce. Žlutě jsou vyznačena ta vedení, která musela být odlehčena, aby bylo splněno kritérium n-1. Modře jsou vyznačena rekonstruovaná vedení. Musím kontrolovat vedení směrem ke zdroji a také samotný zdroj T202, který je nyní v rozvodně PRN. Aby bylo dodrženo kritérium n-1 musí být

zachováno napájení rozvodny CERV i při výpadku vedení V585 popřípadě V586, které nyní napájí tuto rozvodnu z uzlu PRN. Při výpadku vedení V585 dojde k přetížení vedení V586 na 101 %, ovšem vypadne - li vedení na straně V585b zvýší se přetížení V586b na 123 % (viz. Příloha č. 28), tudíž není kritérium n-1 splněno. V tomto případě je možné provést odlehčení odběru pomocí zálohování z VN sítě kdy v podstatě z T102 OSLC převedu 22,5 MW na T103 v rozvodně HDLN. Toto bylo simulováno jako výpadek T102 OLSC a přičtení jeho zatížení k T103 HDLN. Nyní už bude kritérium n-1 vyhovovat. Dále se provedlo postupně vypnutí vedení V554, V583, V582 a zjistilo se, že kritérium n-1 vyhovuje. Poté se provedlo v PRN vypnutí transformátoru T202, které ovšem způsobilo 130 % přetížení T201 v této rozvodně. Proto se opět provedlo odlehčení odběru, ale v rámci sítě VVN. Převedli se vedení V560, V555 z uzlu PRN do uzlu OTRO přesněji z rozvodny HDLN do rozvodny PRJV. Provedené manipulace byli v tomto případě vypnutí výkonovým vypínačem vývod vedení V560 na přípojnici A v HDLN a následné zapnutí tohoto vedení v rozvodně PRJV na přípojnici A. Toto odlehčení bylo ale nedostatečné, proto došlo ještě k odlehčení vedení V551, V552. Tyto vedení se také převedou z uzlu PRN na uzel OTRO a to tak, že se vypnou vývody těchto vedení výkonovým vypínačem v DLUH a zapnou se v CHRO (Chropyně) a HULN (Hulín). Transformátor T201 byl stále přetížen proto se provedlo v PRN vypnutí vývodu vedení V577, V578 a sepnutí příčné spojky mezi přípojnici A-B v rozvodně HRNE a odběry z těchto vedení se tak převedli na uzel KLT za pomoci vedení V5661, V5662.

Tab. č. 13. Kontrola n-1 v 1. etapě rekonstrukce (Příloha č. 1, Příloha č. 21, Příloha č. 23, Příloha č. 24, Příloha č. 25, Příloha č. 26, Příloha č. 27)²

Pozn.: Hodnota I_{\max} u přenosových transformátorů se uvažuje ze strany vyššího napětí - ZVN															
Zařízení VVN	Maximální proud	Současný stav		Zatížení v 1. etapě bez odlehčení		Výpadek V585		Výpadek V554		Výpadek V583		Výpadek V581		Výpadek T202 PRN	
Typ	I_{\max}	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$
(-)	(A)	(A)	(%)	(A)	(%)	(A)	(%)	(A)	(%)	(A)	(%)	(A)	(%)	(A)	(%)
V585a	505	3,2	1	196,1	39	0	0	197,2	39	196,7	39	196,6	39	199,9	40
V585b	505	100,3	20	294,1	58	0	0	295,8	59	295	58	294,9	58	299,7	59
V585c	455	98,1	22	100	22	0	0	100,5	22	100,3	22	100,2	22	101,8	22
V586a	505	3,2	1	190,9	38	394,8	78	192	38	191,5	38	191,4	38	194,6	39
V586b	505	111	22	306,2	61	510,6	101	308	61	307,2	61	307	61	312,1	62
V586c	455	114,2	25	116,4	26	117,1	26	117,1	26	116,8	26	116,7	26	118,6	26
V554	530	152,7	29	267,5	51	240,6	45	0	0	309,6	58	309,9	59	272,7	51
V553	530	152,7	29	267,5	51	240,6	45	380,7	72	309,6	58	309,9	59	272,7	51
V583	820	67,5	13	150,5	30	131,8	26	231,3	46	0	0	109,4	22	153,4	30
V570	820	12,7	2	81,6	10	65,9	8	157,6	19	149,3	18	46,2	6	83,3	10
V581	820	171,1	21	251,8	31	232,5	28	331,8	40	203,2	25	422	51	256,4	31
V582	820	171,1	21	251,8	31	232,5	28	331,8	40	203,2	25	0	0	256,4	31
T201PRN	502	215,9	43	312,3	64	296,2	59	321,3	64	316,3	63	321,3	64	652,6	130
T202PRN	502	215,9	43	316,3	63	296,2	59	321,3	64	316,3	63	321,3	64	0	0

2. Etapa rekonstrukce úseku V572a, V587b



Obr. č. 29. Napájení během 2. etapy rekonstrukce RAJK - MOHE - CERV

Základní napájení:

Úsek vedení rekonstruovaný v 1. etapě je již v provozu a může být využitý pro zajištění napájení v této etapě. Vedení V572 a V587 je vypnuto a odpojeno v rozvodně CERV a rozsforkováno na stožáru u odbočky MOHE (v rámci simulace jsou vypnuty celé tyto vedení). Díky těmto krokům se bude řešit pouze dílčí rekonstrukce paralelního vedení V572a, V587b, pouze po odbočku MOHE jak je znázorněno na Obr. č. 29. Rozvodna CERV je napájena z uzlu PRN (T202), sepnutím příčné spojky mezi přípojnici A-B v rozvodně CERV bude zajištěno napájení z tohoto uzlu po dobu rekonstrukce i pro okolní rozvodny STER a UNEX. Rozvodna MOHE je napájena vedením V588 z uzlu KRA (T402).

Záložní napájení:

Pro případ výpadku vedení V588 bude zajištěno napájení tak, že bude provedena na odbočném stožáru MOHE spojka mezi vedeními V587a a V572b. V případě výpadku transformátoru T402 v KRA bude využito některého z transformátorů pracujících v můstku.

I v tomto případě není nutné provádět kontrolu pro výpadek vedení (směřující z RAJK do KRA) a transformátorů T402 KRA, jelikož v základním stavu před touto rekonstrukcí napájel T402 KRA rozsáhlejší oblast než v této části rekonstrukce a přesto nedošlo k jeho přetížení popřípadě přetížení vedení. Jestliže vypadne T202 PRN bude CERV, STER, UNEX a okolní rozvodny napájené z paralelního transformátorů T201 PRN.

Tab. č. 14. Zatížení vedení během druhé etapy rekonstrukce RAJK - MOHE - CERV (Příloha č. 1, Příloha č. 29, Příloha č. 30) ²

Zatížení vedení:			Současný stav		Výpadek V587,V572 bez odlehčení zátěže		Výpadek V587,V572 s odlehčením zátěže	
Vedení VVN	Úsek od - do	Maximální proud	Skutečný proud	Procentní zatížení	Skutečný proud	Procentní zatížení	Skutečný proud	Procentní zatížení
(-)	(-)	I _{max} (A)	I (A)	I _% (%)	I (A)	I _% (%)	I (A)	I _% (%)
V591	RAJK - odb. HSCD	455	182	40	116,2	26	116,2	26
V592	RAJK - odb. HSCD	455	178,6	39	112,8	25	112,8	25
V593	RAJK - KRA	680	201,2	30	128,5	19	128,5	19
V594	RAJK - KRA	680	201,2	30	128,5	19	128,5	19
V587	CERV - RAJK	505	196,5	39	0	0	0	0
V588	MOHE - RAJK	505	176,2	35	99,7	20	99,7	20
V572	MOHE - CERV	505	75,6	15	0	0	0	0
V598	CERV - STER	400	96,6	24	99	25	100,8	25
V589	CERV - UNEX	455	0	0	0	0	0	0
V590	CERV - UNEX	455	35,5	8	36,4	8	37	8
V585a	CERV - odb. OLCS	505	3,2	1	142,3	28	143,5	28
V585b	HDLN - odb. OLCS	505	100,3	20	240,2	48	242,2	48
V585c	OLCS - odb. OLCS	455	98,1	22	99,4	22	100,2	22
V586a	CERV - odb. OLCS	505	3,2	1	137,2	27	138,4	27
V586b	HDLN - odb. OLCS	505	111	22	251,9	50	254,1	50
V586c	OLCS - odb. OLCS	455	114,2	25	115,7	25	116,6	26
V553	PRN - HDLN	530	152,7	29	235,7	44	237,7	45
V554	PRN - HDLN	530	152,7	29	235,7	44	237,7	45
V583	DLUH - HDLN	820	67,5	13	127,4	25	128,5	25
V570	OLCH - HDLN	820	12,7	2	59,6	7	60,2	7
V581	PRN - DLUH	820	171,1	21	229,6	28	231,5	28
V582	PRN - DLUH	820	171,1	21	226,4	28	231,5	28
V577	HRNE - PRN	820	85	10	85	10	4,2	1
V578	HRNE - PRN	820	85	10	85	10	4,2	1

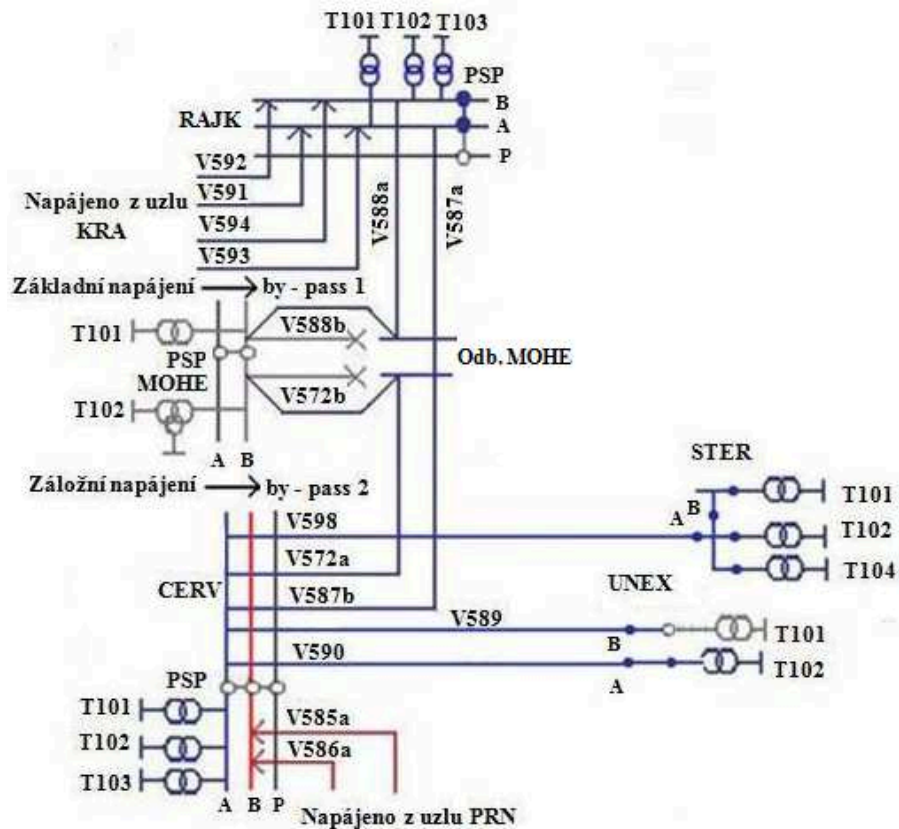
6.2.2. Kontrola kritéria n-1 ve 2. etapě rekonstrukce vedení V588, V587, V572

V Tab. č. 14 jsou uvedena zatížení vedení během druhé etapy rekonstrukce. Žlutě jsou vyznačena ta vedení, která musela být odlehčena, aby bylo splněno kritérium n-1. Modře jsou vyznačena rekonstruovaná vedení. Tato etapa vyžaduje menší odlehčení zátěže nutné pro dodržení kritéria n-1, než jaké bylo provedeno v 1 etapě a to z toho důvodu, že rozvodna MOHE zůstává napájena z uzlu KRA (v 1 etapě z uzlu PRN). Postupně byly provedeny jednotlivé výpadky vedení V585, V554, V583, V581 a zjistilo se, že nedochází k žádnému přetížení. Při výpadku transformátoru T202 v PRN došlo k 118 % přetížení transformátoru T201 v této rozvodně. Pomocí výkonových vypínačů se provedlo vypnutí vývodu vedení V577, V578 v PRN a v rozvodně HRNE se sepnula příčná spojka mezi přípojnici A - B. Touto manipulací se převedlo část zatížení z uzlu PRN na uzel KLT. V Tab. č. 15 jsou shrnuty jednotlivé výpadky

Tab. č. 15. Kontrola kritéria n-1 ve 2. etapě rekonstrukce (Příloha č. 1, Příloha č. 29, Příloha č. 31, Příloha č. 32, Příloha č. 33, Příloha č. 34, Příloha č. 35) ²

Pozn.: Hodnota I_{\max} u přenosových transformátorů se uvažuje ze strany vyššího napětí - ZVN															
Zařízení VVN	Maximální proud	Současný stav		Zatížení ve 2. etapě bez odlehčení		Výpadek V585		Výpadek V554		Výpadek V583		Výpadek V581		Výpadek T202 PRN	
Typ	I_{\max}	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$
(-)	(A)	(A)	(%)	(A)	(%)	(A)	(%)	(A)	(%)	(A)	(%)	(A)	(%)	(A)	(%)
V585a	505	3,2	1	142,3	28	0	0	142,9	28	142,6	28	142,6	28	144,4	29
V585b	505	100,3	20	240,2	48	0	0	241,3	48	240,8	48	240,7	48	243,7	48
V585c	455	98,1	22	99,4	22	0	0	99,8	22	99,6	22	99,6	22	100,8	22
V586a	505	3,2	1	137,2	27	283,1	56	137,8	27	137,5	27	137,5	27	139,2	28
V586b	505	111	22	251,9	50	398,1	79	253,1	50	252,6	50	252,5	50	255,6	51
V586c	455	114,2	25	115,7	25	116,1	26	116,2	26	116	25	115,9	25	117,3	26
V554	530	152,7	29	235,7	44	207,8	39	0	0	270,8	51	274,3	52	239,1	45
V553	530	152,7	29	235,7	44	207,8	39	334,8	63	270,8	51	274,3	52	239,1	45
V583	820	67,5	13	127,4	25	107,8	21	198,2	39	0	0	90	18	129,2	26
V570	820	12,7	2	59,6	7	43,5	5	125,8	15	116,9	14	30,1	4	60,6	7
V581	820	171,1	21	229,6	28	209,6	26	299,6	37	187,2	23	0	0	232,6	28
V582	820	171,1	21	226,4	28	209,6	26	299,6	37	187,2	23	384,3	47	232,6	28
T201PRN	502	215,9	43	291,2	58	266,1	53	296,2	59	291,2	58	296,2	59	592,4	118
T202PRN	502	215,9	43	291,2	58	266,1	53	291,2	58	286,1	57	291,2	58	0	0

3. Etapa rekonstrukce úseku V588b, V572b



Obr. č. 30. Napájení během 3. etapy rekonstrukce RAJK - MOHE - CERV

Základní napájení:

Předešlé rekonstrukce jsou již vyhotoveny a napájení je stejné jako před zahájením rekonstrukcí. Vedení V588 a V572 je vypnuto a odpojeno v rozvodně MOHE a rozsforkováno na stožáru u odbočky k této rozvodně. Řešíme tedy rekonstrukci úseku V588b a V572b. Pro zajištění napájení rozvodny MOHE nelze uvažovat napájení z VN sítě. Je nutné postavit by - pass 1 (provizorní vedení) od odbočky MOHE směrem k rozvodně MOHE. Náhradní přenosová trasa vedení je stavěna stavebnicovým systémem. Tento systém se využívá také v případě živelných katastrof způsobených počasím (poničené stožáry), kdy není možné zajistit napájení z jiného místa v ES. Výhoda tohoto systému spočívá v rychlosti postavení nové provizorní trasy vedení oproti klasickému provedení. Toto náhradní vedení je napájeno v odbočce MOHE (z uzlu KRA) a povede po trase stávajícího vedení, které se bude rekonstruovat, ovšem za dodržení dostatečných bezpečnostních vzdáleností od sebe. Tato trasa se volí především proto, aby se nemuseli provádět koupě popř. pronájmy nových pozemků, jen kvůli „provizornímu vedení“. Ovšem v případě, že by bezpečnostní vzdálenosti byly nedostatečné je nutné k tomuto kroku přistoupit. Tímto by se rekonstrukce prodražila, jelikož už samotný by - pass je dosti finančně nákladný a pokud je to možné snažíme se vyhnout jeho použití.

Záložní napájení:

Pro případ poruchy na by - passu 1 je postaven ještě by - pass 2 v téže trase jako v minulém případě. Tyto náhradní vedení tvoří v podstatě paralelní vedení napájené od odbočky MOHE z uzlu KRA a současně tvoří zálohu sami sobě navzájem. Při poruše na transformátoru T402 v KRA bude využito některého z transformátorů pracujících v můstkovém zapojení v této rozvodně. Z Obr. č. 30 je vidět, že rozvodna MOHE by mohla být napájena také z uzlu PRN manipulací v rozvodně CERV (sepnutí příčné spojky A-B). V podstatě by se vycházelo z 1. etapy rekonstrukce.

6.2.3. Kontrola kritéria n-1 ve 3. etapě rekonstrukce vedení V588, V587, V572

Úseky vedení V588b, V572b (viz. Obr. č. 30) jsou v provedení AlFe 240 mm². Budou - li by - passy vytvořeny ze stejného materiálu a budou - li mít stejný průřez budou také přenášet i stejné zatížení. Není zde uvedena tabulka zatížení vedení, jelikož při splnění předešlé podmínky by zatížení okolních vedení odpovídala současnému stavu (viz. Příloha č. 1) a ten je zmíněn již několikrát v předešlých tabulkách. V této části rekonstrukce nemusí být provedena žádná odlehčení zátěže pro splnění kritéria n-1. Vycházíme v podstatě ze současného stavu před rekonstrukcí proto se nemusí ani kontrolovat výpadky napájecího transformátoru v KRA. By - pass 1 odpovídá vedení V588b (v úseku odb. MOHE - MOHE) a by - pass 2 vedení V572b (v úseku odb. MOHE - MOHE). Při výpadku V588b převezme jeho zatížení V572b a naopak (jsou na stejném stožáru). Při výpadku by - passu 2 nedojde k přetížení by - passu 1.

Tab. č. 16. Kontrola kritéria n-1 ve 3. etapě rekonstrukce (Příloha č. 1, Příloha č. 36)²

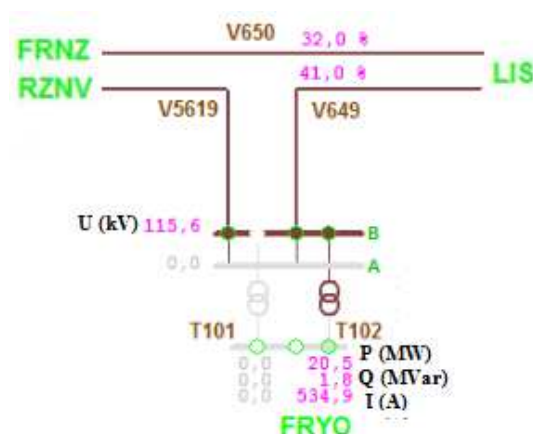
Zatížení vedení a transformátorů				Současný stav		Výpadek by - passu 2 (V572b)	
Zařízení VVN	Typ	I _{max}	Rozvodna	Skutečný proud	Procentní zatížení	Skutečný proud	Procentní zatížení
(-)	(-)	(A)	(-)	I (A)	I _% (%)	I (A)	I _% (%)
Vedení	By - pass 1	530	MOHE - odb. MOHE	176,2	35	100,7	20
	By - pass 2	530	MOHE - odb. MOHE	75,6	15	0	0

6.3. Výměna transformátorů VVN/VN T101 rozvodna Frydlant (FRYO)

Výpadek T101 - základní napájení FRYO při rekonstrukci:

Rozvodna FRYO je ve dvouřadém provedení bez pomocné přípojnice. Je napájena z uzlu LIS (T204) vedením V649 připojeným na sběrnou B1. Podle Příloha č. 1 je v provozu pouze sběrna B, PSP je tedy rozpojen. V rozvodně se nacházejí dva paralelní konzumní

transformátory T101 a T102, kdy jeden z nich představuje vždy pohotovou zálohu. Z hlediska životnosti by se měli transformátory v provozu střídát. Aktuálně podle *Příloha č. 1* je v provozu T102, takže výměně T101 nic nebrání a kdyby to bylo naopak, tak by při výpadku T101 převzal T102 jeho zatížení. Transformátor T102 je zatížen na 43% výkonem 20,5 MW a 1,8 MVar při proudu 534,9 A (viz. *Příloha č. 2*)



Obr. č. 31. Základní napájení při výměně transformátorů T101 FRYO

Výpadek T102 - záložní napájení FRYO při rekonstrukci:

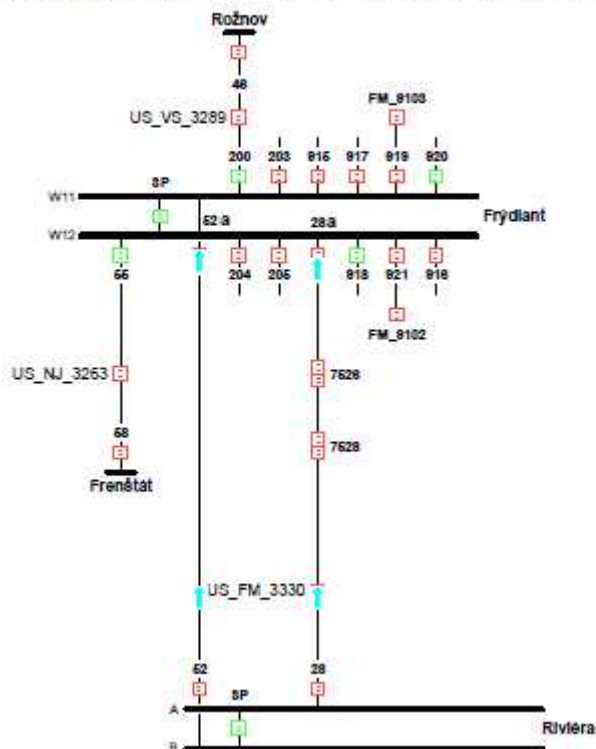
Hodnoty zatížení uvedené v předcházející části vycházejí ze zimního měření ze dne 16. 1. 2013. Jelikož síť VN není namodelována v prostředí PAS DAISY, byly nutné vycházet z hodnot získaných s online dispečerského systému ze dne 12. 3. 2013 v 10:53 hod. Hodnoty výkonového zatížení rozvodny FRYO nyní jsou 16,5 MW a 1,5 MVar a tomu odpovídající proud 406 A. Po přepočtení procentního zatížení podle aktuálního stavu je tedy transformátor T102 napájecí rozvodnu FRYO nyní zatížen na 32 %. Hodnoty celkového zatížení rozvodny Frydlant 22 kV z měření na sekundární straně transformátorů T102 (Měření 2T102) vycházejí o 2A méně (404 A), toto je způsobeno chybou měření (viz. *Příloha č. 3, Příloha č. 4, Příloha č. 5, Příloha č. 6*). Pro tento případ bude záložní napájení při výpadku T102 řešeno převedením odběru z rozvodny FRYO na rozvodny FRNZ, RIVI, RZNV po VN síti.

Z důvodu chybějících P, Q převodníku v online měřícím systému se bude pro přerozdělování zatížení uvažovat proud.

Zelená barva ve schématu na *Obr. č. 32* značí vypnutý stav úsečnicků a červená barva zapnutý stav úsečnicků. V tomto zapojení napájí vedení V919 odběratele FM_9103, kdežto v normálním stavu je napájen z V918. Obdobně V921 nyní napájí odběratele FM_9102, oproti normálnímu stavu kdy je napájen z V920.

R Frýdlant
Náhradní napájení
Porucha T101 + T102

Při vyhledávání zemního spojení nekruhovat trať
Převedení provozu během zemního spojení provést s přerušením



Obr. č. 32. Záložní napájení při výpadku T101 a T102

1. Frýdlant (FRYO) - Frenštát (FRNZ):

Převedu zatížení z vedení VN55 na vedení VN58.

Stávající zatížení vedení VN58:

$$I_{VN58} = 120 \text{ A}$$

Odlehčené zatížení z FRYO:

$$I_{c1} = I_{VN55} = 84 \text{ A}$$

Nové zatížení vedení VN58:

$$I_{celk.VN58} = I_{c1} + I_{VN55} = 84 + 120 = 204 \text{ A} \quad (6.3)$$

2. Frýdlant (FRYO) - Riviéra (RIVI) č. 1:

Převedu zatížení z vedení VN52a, VN203, VN915, VN917, VN919, na vedení VN52.

Stávající zatížení vedení VN52:

$$I_{VN52} = 0 \text{ A}$$

Odlehčené zatížení z FRYO:

$$I_{VN52a} = 30 \text{ A}$$

$$I_{VN203} = 30 \text{ A}$$

$$I_{VN915} = 0 \text{ A}$$

$$I_{VN917} = 23 \text{ A}$$

$$I_{VN919} = I_{VN919}' + I_{VN918} = 0 + 28 = 28 \text{ A} \quad (6.4)$$

$$I_{c2} = I_{VN52a} + I_{VN203} + I_{VN915} + I_{VN917} + I_{VN919} = 30 + 30 + 0 + 23 + 28 = 111 \text{ A} \quad (6.5)$$

Nové zatížení vedení VN52:

$$I_{celk.VN52} = I_{c2} + I_{VN52} = 111 + 0 = 111 \text{ A} \quad (6.6)$$

3. Frýdlant (FRYO) - Riviéra (RIVI) č. 2:

Převedu zatížení z vedení VN204, VN205, VN28a, VN921, VN916, na vedení VN28.

Stávající zatížení vedení VN28:

$$I_{VN28} = 73 \text{ A}$$

Odlehčené zatížení z FRYO:

$$I_{VN204} = 45 \text{ A}$$

$$I_{VN205} = 22 \text{ A}$$

$$I_{VN28a} = 23 \text{ A}$$

$$I_{VN921} = I_{VN921}' + I_{VN920} = 0 + 56 = 56 \text{ A} \quad (6.7)$$

$$I_{VN916} = 27 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} I_{c3} &= I_{VN204} + I_{VN205} + I_{VN28a} + I_{VN921} + I_{VN916} = 45 + 22 + 23 + 56 + 27 \\ &= 173 \text{ A} \end{aligned} \quad (6.8)$$

Nové zatížení vedení VN28:

$$I_{celk.VN28} = I_{c3} + I_{VN28} = 173 + 73 = 246 \text{ A} \quad (6.9)$$

4. Frýdlant (FRYO) - Rožnov (RZNV):

Převedu zatížení z vedení VN200 na vedení VN46.

Stávající zatížení vedení VN46: Odlehčené zatížení z FRYO:

$$I_{VN46} = 72 \text{ A}$$

$$I_{c4} = I_{VN200} = 38 \text{ A}$$

Nové zatížení vedení VN46:

$$I_{celk.VN46} = I_{c4} + I_{VN46} = 38 + 72 = 110 \text{ A} \quad (6.10)$$

Celkové přerozdělené zatížení z FRYO do FRNZ, RIVI a RZNV:

$$I_c = I_{c1} + I_{c2} + I_{c3} + I_{c4} = 84 + 111 + 173 + 38 = 406 \text{ A} \quad (6.11)$$

Tímto výpočtem bylo ověřeno, že celkové zatížení rozvodny FRYO bylo po VN síti přerozděleno do rozvodů FRNZ, RIVI a RZNV

6.3.1. Kontrola kritéria n-1 při výměně transformátorů VVN/VN T101 ve FRYO

Při výpadku T101 FRYO převezme jeho zatížení T102 FRYO, který bude nyní zatížen na 32 % (po přepočtení zatížení) a nebude tudíž přetížen. Při výpadku T102 FRYO převezmou jeho zatížení okolní rozvodny FRNZ, RIVI a RZNV. Převodění odběru probíhalo v rámci VN sítě. Aby bylo splněno nyní bezpečnostní kritérium n-1 nesmí dojít k přetížení vedení, které nyní přenášejí kromě svého původního zatížení i zatížení z FRYO a také transformátory, které tyto vedení napájí.

Konkrétně probíhala kontrola pro vedení VN58 (FRNZ), VN28, VN52 (RIVI) a VN46 (RZNV) a transformátory, které tyto vedení napájí (T101 FRNZ, T102 RIVI, T101 RZNV).

Kontrola n-1 pro rozvodnu Frenštát (FRNZ)

Maximální zatížení vedení VN58 a celkové zatížení transformátorů T101:

$$I_{max.VN58} = 318 \text{ A} \quad I_{max.T101} = 1260 \text{ A} \quad I_{T101} = 372 \text{ A}$$

Zatížení vedení VN58 a transformátorů T101 po převedení odběru:

Zatížení vedení:

Podle vztahu 6.3 je VN58 nyní zatíženo na $I_{celk.VN58} = 204 \text{ A}$.

$$I_{celk.VN58\%} = \frac{I_{celk.VN58}}{I_{max.VN58}} \cdot 100 = \frac{204}{318} \cdot 100 = 64,15 \% \quad (6.12)$$

Zatížení transformátorů:

$$I_{T101}' = I_{T101} + I_{c1} = 372 + 84 = 456A \quad (6.13)$$

$$I_{T101\%}' = \frac{I_{T101}'}{I_{max.T101}} \cdot 100 = \frac{456}{1260} \cdot 100 = 36,2 \% \quad (6.14)$$

Kontrola n-1 pro rozvodnu Riviéra (RIVI)**Maximální zatížení vedení VN52, VN28 a celkové zatížení transformátorů T102:**

$$I_{max.VN52} = 357 A \quad I_{max.VN28} = 357 A \quad I_{max.T102} = 1004 A \quad I_{T102} = 349 A$$

Zatížení vedení VN52, VN28 a transformátorů T102 po převedení odběru:**Zatížení vedení:**

Podle vztahu 6.6 je VN52 nyní zatíženo na $I_{celk.VN52} = 111 A$ a podle vztahu 6.9 je VN28 nyní zatíženo na $I_{celk.VN28} = 246 A$.

$$I_{celk.VN52\%} = \frac{I_{celk.VN52}}{I_{max.VN52}} \cdot 100 = \frac{111}{357} \cdot 100 = 31,09 \% \quad (6.15)$$

$$I_{celk.VN28\%} = \frac{I_{celk.VN28}}{I_{max.VN28}} \cdot 100 = \frac{246}{357} \cdot 100 = 68,91 \% \quad (6.16)$$

Zatížení transformátorů:

$$I_{T102}' = I_{T102} + I_{c2} + I_{c3} = 349 + 111 + 173 = 633A \quad (6.17)$$

$$I_{T102\%}' = \frac{I_{T102}'}{I_{max.T102}} \cdot 100 = \frac{633}{1004} \cdot 100 = 63,05 \% \quad (6.18)$$

Kontrola n-1 pro rozvodnu Rožnov (RZNV)**Maximální zatížení vedení VN46 a celkové zatížení transformátorů T101:**

$$I_{max.VN46} = 318 A \quad I_{max.T101} = 1260 A \quad I_{T101} = 458 A$$

Zatížení vedení VN46 a transformátorů T101 po převedení odběru:**Zatížení vedení:**

Podle vztahu 6.10 je VN46 nyní zatíženo na $I_{celk.VN46} = 110 A$.

$$I_{celk.VN46\%} = \frac{I_{celk.VN46}}{I_{max.VN46}} \cdot 100 = \frac{110}{318} \cdot 100 = 34,59 \% \quad (6.19)$$

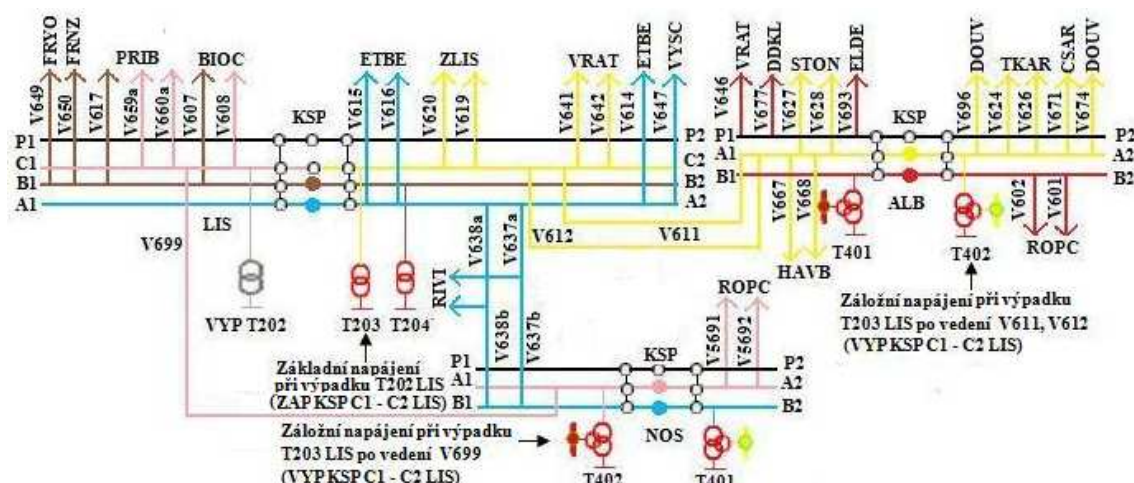
Zatížení transformátorů:

$$I_{T101}' = I_{T101} + I_{C4} = 458 + 38 = 496A \quad (6.20)$$

$$I_{T101\%}' = \frac{I_{T101}'}{I_{max.T101}} \cdot 100 = \frac{496}{1260} \cdot 100 = 39,37 \% \quad (6.21)$$

Hodnoty I_c představují hodnoty odlehčené z rozvodny FRYO pro danou rozvodnu (viz. kapitola výše). Z výše uvedených výpočtů je patrné, že nedochází k přetěžování vedení ani transformátorů a tudíž je bezpečnostní kritérium n-1 splněno.

6.4. Výměna transformátorů PS/DS T202 rozvodna Lískovec (LIS)



Obr. č. 33. Základní a záložní napájení během výměny transformátorů T202 LIS

Výpadek T202 - základní napájení LIS při rekonstrukci:

Při výměně transformátorů T202 v rozvodně LIS převezme jeho zatížení transformátor T203. Toho dosáhneme sepnutím podélné spojky mezi úseky přípojníc C1 - C2.

Výpadek T203 - záložní napájení LIS při rekonstrukci:

Záložní napájení pro případ poruchy na T203 je zajištěno z uzlu ALB a NOS. V ALB zapnu pomocí výkonových vypínačů vývody vedení V611, V612 připojené na podélně sepnutou sběrnou A1 - A2, která je napájena transformátorem T402. Samotný tento krok by postačil pro zálohování rozvodny LIS, ale jelikož vedení V611 je zatíženo na 95 % a V612 na 93 % (Příloha č. 39), je optimálnější ještě přenést další část zatížení z LIS na další uzel. Při přerozdělení zatížení mezi uzly ALB a NOS musí být již podélná spojka mezi sběrnami C1 - C2 rozpojena. V rozvodně LIS zapnu pomocí výkonového prvku vývod vedení V699 připojený na sběrnou C1.

Toto vedení je charakterizováno poměrně velkým průřezem 2x1600 mm². Tímto je zajištěno přerozdělení zatížení transformátorů T203 z LIS na transformátory T402 v ALB a T402 v NOS. Žlutě jsou v Tab. č. 17 označena vedení využitá pro záložní napájení rozvodny LIS.

Výpadek T204

V případě výpadku T204 v LIS bude sběrna B1 - B2 v LIS napájena z oblasti NOS z T402 přes V699. Vedení V699 převedu ze sběrný C1 - C2 na sběrnou B1 - B2.

Tab. č. 17. Zatížení vedení při zajišťování základního a záložního napájení rozvodny LIS (Příloha č. 1, Příloha č. 37, Příloha č. 38)²

Zatížení vedení:			Současný stav		Výpadek T202 LIS		Výpadek T203 LIS	
Vedení VVN	Úsek od - do	Maximální proud	Skutečný proud	Procentní zatížení	Skutečný proud	Procentní zatížení	Skutečný proud	Procentní zatížení
(-)	(-)	I _{max} (A)	I (A)	I _% (%)	I (A)	I _% (%)	I (A)	I _% (%)
V699	NOS - LIS	1350	0	0	0	0	285,2	21
V611	ALB - LIS	455	3,5	1	3,5	1	267,1	59
V612	ALB - LIS	455	3,5	1	3,5	1	261,5	58
V5691	NOS - ROPC	455	54,2	12	54,6	12	54,8	12
V5692	NOS - ROPC	455	54,2	12	54,6	12	54,8	12
V637a	LIS - RIVI	920	274,7	30	274,7	30	274,7	30
V638a	LIS - RIVI	920	254,5	28	254,6	28	254,6	28
V637b	RIVI - NOS	820	275,6	34	275,7	34	275,7	34
V638b	RIVI - NOS	820	324,9	40	325	40	325	40
V659a	LIS - PRIR	530	157,2	30	160,8	30	161,5	30
V660a	LIS - PRIR	530	106	20	111,3	21	111,3	21
V617	LIS - PRIR	400	143	21	143	21	143	21

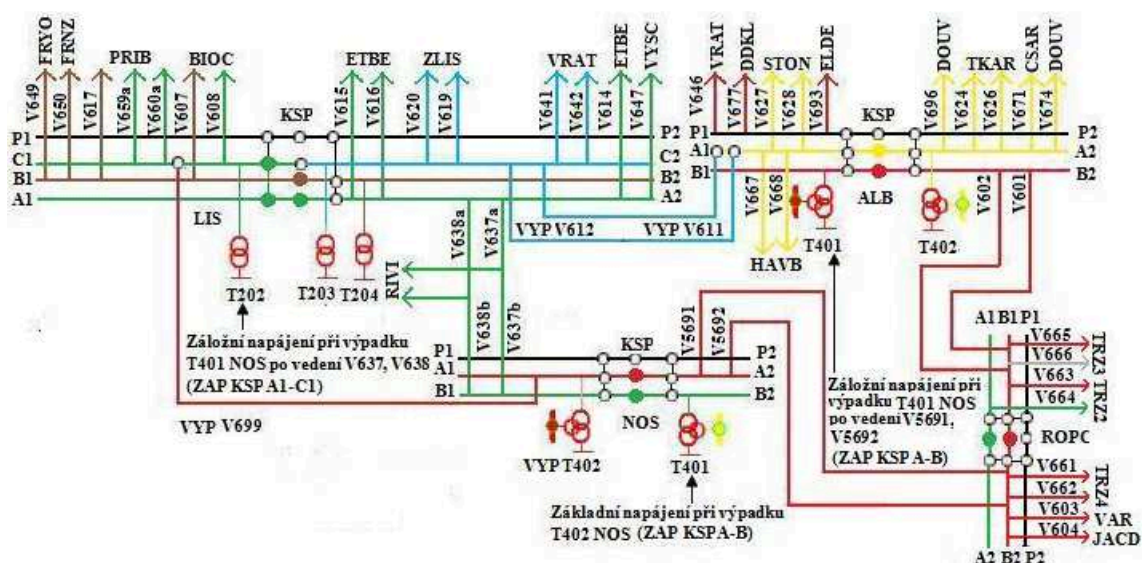
6.4.1. Kontrola kritéria n-1 při výměně transformátorů PS/DS T202 v LIS

Pro hlavní napájení se kontroluje, zda při výpadku T202 nedojde k přetížení T203 a pro záložní napájení je nutné hlídat, zda v případě výpadku T203 nebudou přetíženy vedení V699, V611 a V612, a transformátory které napájí tyto vedení. Při výpadku T202 vzroste na T203 zatížení z 51 % na 81 %. Při výpadku T203 poklesne zatížení v ALB u T402 z 29 % na 26 % a vzroste v NOS u T402 z 21 % na 45 %. Všechny tři vedení byly v normálním stavu vypnuty. Vedení V699 nyní bude zatíženo na 21 %, V611 na 59 % a V612 na 58 %. Dotčené vedení a transformátor splňují bezpečnostní kritérium n-1, aniž by bylo nutné provádět při návrhu nového zapojení nějaké odlehčení soustavy. Na závěr bylo nutné ještě provést výpadek T204 v LIS. Následnou simulací bylo ověřeno, že k přetěžování transformátoru T402 NOS nedochází. T402 NOS bude zatížen na 67 %. Předěšlé konstatování si je možné si ověřit v Tab. č. 17 a Tab. č. 18.

Tab. č. 18 Kontrola kritéria n-1 při výměně T202 v LIS (Příloha č. 1, Příloha č. 37, Příloha č. 38, Příloha č. 40)²

Pozn.: Hodnota $I_{\max.}$ u přenosových transformátorů se uvažuje ze strany vyššího napětí - ZVN											
Rozvodna	Označení TR	Maximální proud	Jmenovitý výkon	Současný stav		Výpadek T202 LIS		Výpadek T203 LIS		Výpadek T204 LIS	
(-)	(-)	$I_{\max.}$	S_n	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$
(-)	(A)	(A)	(MVA)	(A)	(%)	(A)	(%)	(A)	(%)	(A)	(%)
NOS	T401	502	250	180,7	36	180,7	36	180,7	36	180,7	36
	T402	361	250	75,8	21	75,8	21	162,5	45	241,9	67
ALB	T401	502	250	291,2	58	291,2	58	291,2	58	291,2	58
	T402	361	250	104,7	29	104,7	29	104,7	26	104,7	29
LIS	T202	503	200	145,9	29	0	0	0	0	0	0
	T203	503	200	256,5	51	407,4	81	0	0	412,5	82
	T204	503	200	286,7	57	286,7	57	286,7	57	0	0

6.5. Výměna transformátorů PS/DS T402 rozvodna Nošovice (NOS)



Obr. č. 34. Základní a záložní napájení během výměny transformátorů T402 NOS

Variantha č. 1

Výpadek T402 - základní napájení NOS při rekonstrukci:

Při výměně transformátorů T402 v rozvodně NOS převezme jeho zatížení transformátor T401. Jelikož podélně dělené úseky přípojníc W11 - W12 a W22 - W21 jsou v sepnutém stavu, postačí nám sepnout příčný spínač mezi sepnutými podélně dělenými úseky (mezi W11 - W12 a W22 - W21).

Výpadek T401 - záložní napájení NOS při rekonstrukci:

V minulém odstavci se zajistilo hlavní napájení během výměny T402. Nyní je nutné uvažovat záložní napájení pro případ poruchy na T401. Jelikož je výpadek uvažován pro uzlovou oblast (NOS), ve které se stékají poměrně velké výkony, tak by bylo žádoucí přerozdělit zatížení do okolních uzlových oblastí. Ideální je uvažovat alespoň dvě tyto oblasti pro optimálnější rozdělení zatížení. Zatížení v uzlu NOS přerozdělíme mezi uzly ALB a LIS. Za pomoci transformátorů T401 z rozvodny ALB napájím z přípojníc B1 - B2 krom okolních oblastí také rozvodnu ROPC pomocí paralelního vedení V601, V602. V rozvodně ROPC sepnou podélný spínač mezi přípojnícemi B1 - B2, čímž se dosáhlo toho, že paralelní vedení V5691, V5692 napájí NOS z uzlu ALB. Těmito manipulacemi se přenesla část zatížení z rozvodny NOS na rozvodnu ALB, přesněji na transformátor T401. Druhá část zatížení se převedla z rozvodny NOS do LIS. V rozvodně LIS pomocí kombinovaného spínače přípojníc došlo k příčnému sepnutí mezi přípojnícemi C1-A1 za předpokladu, že podélný úsek A1- A2 je v sepnutém stavu (v základním ustáleném stavu je sepnutý úsek A1- A2, který je jinak napájen z NOS). Tímto krokem bylo přeneseno zbývající zatížení z NOS přes vedení V637 V638 na T202 v LIS. Sběrný v LIS C1 a (A1 - A2) jsou nyní napájeny z T202, B1 - B2 z T204 a C2 z T203. Žlutě jsou v Tab. č. 19 označena vedení využity pro záložní napájení rozvodny NOS.

Tab. č. 19. Zatížení vedení při zajišťování základního a záložního napájení rozvodny NOS - Varianta č. 1 (Příloha č. 1, Příloha č. 41, Příloha č. 42)²

Zatížení vedení:			Současný stav		Výpadek T402 NOS		Výpadek T401 NOS	
Vedení VVN	Úsek od - do	Maximální proud	Skutečný proud	Procentní zatížení	Skutečný proud	Procentní zatížení	Skutečný proud	Procentní zatížení
(-)	(-)	I_{\max} (A)	I (A)	I (%)	I (A)	I (%)	I (A)	I (%)
V5691	NOS - ROPC	455	54,2	12	54,2	12	76,3	17
V5692	NOS - ROPC	455	54,2	12	54,2	12	76,3	17
V637a	LIS - RIVI	920	274,7	30	274,7	30	25,7	3
V638a	LIS - RIVI	920	254,5	28	254,5	28	46,3	5
V637b	RIVI - NOS	820	275,6	34	275,6	34	26,1	3
V638b	RIVI - NOS	820	324,9	40	324,9	40	26,1	3
V601	ALB - ROPC	820	40,6	5	40,6	5	147,7	18
V602	ALB - ROPC	820	40,6	5	40,6	5	147,7	18

6.5.1. Kontrola kritéria n-1 při výměně transformátorů PS/DS T402 v NOS (Varianta č. 1)

Pro hlavní napájení se kontroluje, zda při poruše na T402 nedojde k přetížení T401 a pro záložní napájení je nutné hlídat, zda v případě výpadku T401 nebudou přetíženy vedení

V601,V602, V5691, V5692, V637a ,V637b, V638a, V638b a transformátory, které napájejí tyto vedení. Při výpadku T402 vzroste na T401 zatížení z 36 % na 51 %. Při výpadku T401 poklesne zatížení v ALB u T401 z 58% na 37 % a vzroste v LIS u T202 z 29% na 89 %. Ostatní transformátory v LIS se nepodíleli na převzetí části zatížení z NOS. U Vedení V601,V602 nyní stoupne zatížení z 5 % na 18 %, u V5691, V5692 stoupne zatížení z 12 % na 17%, u V637a poklesne z 30 % na 3 %, u V637b poklesne z 34 % na 3 %, u V638a poklesne z 28 % na 5 % a u V638b poklesne ze 40 % na 3 %. Vedení a transformátory splňují bezpečnostní kritérium n-1, aniž by bylo nutné provádět při návrhu nového zapojení nějaké další odlehčení soustavy. Tyto informace je možné nalézt v Tab. č. 19 a Tab. č. 20.

Tab. č. 20. Kontrola kritéria n-1 při výměně T402 v NOS - Varianta č. 1(Příloha č. 1, Příloha č. 41, Příloha č. 42)²

Pozn.: Hodnota $I_{\max.}$ u přenosových transformátorů se uvažuje ze strany vyššího napětí - ZVN									
Rozvodna	Označení TR	Maximální proud	Jmenovitý výkon	Současný stav		Výpadek T402 NOS		Výpadek T401 NOS	
(-)	(-)	$I_{\max.}$	S_n	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$
(-)	(A)	(A)	(MVA)	(A)	(%)	(A)	(%)	(A)	(%)
NOS	T401	502	250	180,7	36	256	51	0	0
	T402	361	250	75,8	21	0	0	0	0
ALB	T401	502	250	291,2	58	291,2	58	185,7	37
	T402	361	250	104,7	29	104,7	29	104,7	29
LIS	T202	503	200	145,9	29	145,9	29	447,7	89
	T203	503	200	256,5	51	256,5	51	256,5	51
	T204	503	200	286,7	57	286,7	57	286,7	57

Varianta č. 2

Tato varianta je úpravou předchozí varianty s tím rozdílem, že díky větším manipulacím v síti se v LIS na pokrytí části zatížení z NOS budou podílet všechny tři transformátory. Za cenu větších manipulací v síti jsme dostali optimálnější rozvržení zatížení.

Výpadek T402 - základní napájení NOS při rekonstrukci:

Základní napájení je stejné jako v předchozí části zatížení přebírá při výměně transformátorů T402 transformátor T401. Sepne se příčný spínač mezi sepnutými podélně dělenými úseky (mezi W11 - W12 a W22 - W21).

Výpadek T401 - záložní napájení NOS při rekonstrukci:

Záložní napájení při výpadku T401 v NOS je opět přerozděleno mezi uzly ALB a LIS s tím rozdílem, že zde došlo k odlehčení transformátorů T202. V této části musí být již rozpojený kombinovaný spínač v LIS mezi sběrnami C1 - A1. Odlehčení se provedlo tak, že se převedli vedení V659, V660 z uzlu T202 na uzel T204 resp. se přepojilo vedení s přípojnice C1

na B1. Dále se sepnula podélná spojka mezi C1- C2 a přepojilo se vedení V617 z uzlu T204 na uzel T203 resp. se přepojilo vedení s přípojnice B1 na C1. Sběrný v LIS A1 - A2 jsou nyní napájeny z T202, B1 - B2 z T204 a C1 - C2 z T203. Těmito manipulacemi se dosáhlo téměř rovnoměrného zatížení všech tří transformátorů (T202, T203, T204) v rozvodně LIS. Žlutě jsou v Tab. č. 21 označena vedení využita pro záložní napájení rozvodny NOS a modře jsou označena odlehčená vedení (přepojena na jiný transformátor v rozvodně LIS).

Tab. č. 21. Zatížení vedení při zajišťování základního a záložního napájení rozvodny NOS - Varianta č. 2 (Příloha č. 1, Příloha č. 41, Příloha č. 43)²

Zatížení vedení:			Současný stav		Výpadek T402 NOS		Výpadek T401 NOS	
Vedení VVN	Úsek od - do	Maximální proud	Skutečný proud	Procentní zatížení	Skutečný proud	Procentní zatížení	Skutečný proud	Procentní zatížení
(-)	(-)	I_{\max} (A)	I (A)	$I_{\%}$ (%)	I (A)	$I_{\%}$ (%)	I (A)	$I_{\%}$ (%)
V5691	NOS - ROPC	455	54,2	12	54,2	12	76,3	17
V5692	NOS - ROPC	455	54,2	12	54,2	12	76,3	17
V637a	LIS - RIVI	920	274,7	30	274,7	30	25,5	3
V638a	LIS - RIVI	920	254,5	28	254,5	28	45,9	5
V637b	RIVI - NOS	820	275,6	34	275,6	34	25,8	3
V638b	RIVI - NOS	820	324,9	40	324,9	40	25,8	3
V601	ALB - ROPC	820	40,6	5	40,6	5	147,7	18
V602	ALB - ROPC	820	40,6	5	40,6	5	147,7	18
V659a	LIS - PRIR	530	157,2	30	157,2	30	162,2	31
V660a	LIS - PRIR	530	108,1	20	108,1	20	111,5	21
V617	LIS - PRIR	400	143	21	143	21	141,7	21

6.5.2. Kontrola kritéria n-1 při výměně transformátorů PS/DS T402 v NOS (Varianta č. 2)

Základní a záložní napájení se zde kontroluje stejně jako v případě Varianty č.1. Stejně jako v minulém případě při výpadku T402 vzroste na T401 zatížení z 36 % na 51 %. Při výpadku T401 poklesne zatížení v ALB u T401 z 58% na 37 %, ovšem v LIS se změnilo zatížení u všech tří transformátorů. U T202 vzrostlo zatížení z 29 % na 61 %, u T203 z 51% na 68 % a u T204 z 57% na 71 %. Optimálnější rozložení zatížení bylo způsobeno odlehčením části zatížení T202 na ostatní transformátory v této rozvodně (viz. Výpadek T401 - záložní napájení NOS při rekonstrukci). Vedení byla zatížená stejně jako v předešlé variantě. Na závěr je možné konstatovat, že kritérium n-1 je splněno. Podrobněji v Tab. č. 21 a Tab. č. 22.

Tab. č. 22. Kontrola kritéria n-1 při výměně T402 v NOS - Varianta č. 2 (Příloha č. 1, Příloha č. 41, Příloha č. 43) ²

Pozn.: Hodnota $I_{\max.}$ u přenosových transformátorů se uvažuje ze strany vyššího napětí - ZVN									
Rozvodna	Označení TR	Maximální proud	Jmenovitý výkon	Současný stav		Výpadek T402 NOS		Výpadek T401 NOS	
(-)	(-)	$I_{\max.}$	S_n	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$
(-)	(A)	(A)	(MVA)	(A)	(%)	(A)	(%)	(A)	(%)
NOS	T401	502	250	180,7	36	256	51	0	0
	T402	361	250	75,81	21	0	0	0	0
ALB	T401	502	250	291,2	58	291,2	58	185,7	37
	T402	361	250	107,7	29	104,7	29	104,7	29
LIS	T202	503	200	145,9	29	145,9	29	306,8	61
	T203	503	200	256,5	51	256,5	51	342	68
	T204	503	200	286,7	57	286,7	57	357,1	71

6.6. Rekonstrukce rozvodny Prosenice 123 kV (110 kV)

Současný stav rozvodny

Rozvodna je dvousystémová dvouřadá s jednou samostatnou pomocnou přípojnici. Systém přípojníc umožňuje pouze příčné spínání. V normálním stavu je rozpojený příčný spínač a napájená z nadřazené soustavy je pouze sběrna B oběma přenosovými paralelními transformátory T201, T202 o instalovaném výkonu 200 MVA. Při napájení jednoho úseku ze dvou paralelních zdrojů je nutné brát v případě zkratu v úvahu riziko větších zkratových proudů (příspěvky od dvou zdrojů). Dále se zde nachází dva konzumní transformátory T101, T102 VVN/VN. Rozvodna má 17 polí. Vývody z rozvodny jsou řešeny klasicky tzn. s jedním vypínačem na odbočku. V poli č. 3 je přístrojově vybavena odbočka pro spínání pomocné přípojnice pro případné převádění výkonu mezi jednotlivými sběrnami. Další informace o této rozvodně se nacházejí v kap. 5.8. Rozvodna je v současné době na hranici svých provozních možností. Z důvodu překročení zkratové odolnosti společnost ČEZ Distribuce, a.s. nemůže v současnost době povolit připojování nových výroben elektřiny (včetně výroben elektřiny z OZE) do této uzlové oblasti. Z toho důvodu se vlastník rozvodny rozhodl v nejbližší době provést její rekonstrukci. Fotografie této rozvodny je uvedena v Příloha č. 58 a jednopólové schéma zapojení je v Příloha č. 57.

Technické parametry rozvodny:

Rozvodná soustava: 3~50 Hz, 110 kV – TT
Jmenovité napětí: 110 kV
Největší provozní napětí: 123 kV

Jmenovitý proud přípojníc:	1200 A LANO AlFe 750
Jmenovitý proud odboček:	1200 A LANO AlFe 350
Zkratová odolnost:	13,1/40 kA
Námrazová oblast:	Těžka
Oblast znečištění:	Z - III
Ovládací napětí:	220 V ss
Signalizační napětí:	60 V ss
Pohony vypínače:	230 V, 50 Hz zajištěné pole č. 10, 15
Pohony odpojovačů:	230 V, 50 Hz Ostatní pole
Ochrana živých částí	- Polohou - pole č. 10 a 15,
před nebezpečným napětí:	- Polohou a zábranou - Ostatní pole
Ochrana živých částí	
před nebezpečným napětí:	Zemněním s rychlým vypnutím s uzemněným středem - síť TT

Budoucí stav rozvodny:

V rámci rozvojového záměru bude kromě rekonstrukce samotné provedeno rozšíření rozvodny 110 kV PRN pro transformátor T402. Uspořádání rozvodny zůstane dvousystémové s pomocnou přípojnící. Rekonstruované budou hlavní i pomocné přípojnice. V této práci se řeší pouze rekonstrukce hlavních přípojníc. Po rekonstrukci přibude jedno rezervní pole, takže bude mít nově rozvodna 18 polí.

Rekonstrukce rozvodny:

Pro dodržení izolační vzdáleností musí být zvýšena hlavní ocelová konstrukce (dále jen HOK). Nebo by se mohlo provést snížení stoliček odpojovačů, ovšem v kombinaci s výměnou proudových drah všech odpojovačů. Díky úpravám na HOK nám rostou velké požadavky na vypínání. Pro minimalizování rozsahu na vypínání se do hlavní přípojnice vloží pomocné portály a to do pole 05 a 12. Zvýšení HOK spolu s výměnou hlavních přípojníc bude provedeno v několika etapách.

Rekonstrukce bude probíhat celkem ve 3 etapách:

1. Etapa: pole 13 až 18, provizorní portál v poli 12, rok 2013
2. Etapa: pole 07 až 12, provizorní portál v poli 05, rok 2013
3. Etapa: pole 01 až 06, rok 2013

V následujícím roce bude rekonstruována i pomocná přípojnice. To už ale není předmětem této práce.

1. Etapa: pole 13 až 18, provizorní portál v poli 12, rok 2013

Pro zajištění funkčnosti odděleného úseku rozvodny mezi poli č. 1 až č. 12 bude v rezervním poli č. 12 vložen provizorní portál. Budou demontovány již nevyhovující lanové přípojnice AlFe mezi poli č. 13 až č. 17 a nahrazeny novými s větší přenosovou schopností (větším průřezem). Dále zde přibude jedno rezervní pole č. 18. Jak již bylo uvedeno v předcházející části bude zvýšená HOK nacházející se mezi těmito poli. Tato etapa rekonstrukce se dotkne paralelních vedení V577, V578 ve směru na HRNE, V553, V554 ve směru na HDLN a přenosového transformátorů T202 PRN. Tyto vedení a transformátor, který je napájen v normálním stavu, jsou nyní vypnuty pomocí výkonového prvku.

Vypnuto V577, V578 - základní napájení:

Vedení V577, V578 v normálním stavu napájejí přes T202 PRN sběrnou A v HRNE, ze které je poté napájena přes V579, V580 rozvodna HRCE. Tyto vedení budou během této etapy vypnuty na obou stranách pomocí výkonových vypínačů a alespoň na jedné straně zajištěny pomocí zemnicích nožů (pro zajištění bezpečnosti během práce v PRN). U vývodových odpojovačů se zemními noži musí být zajištěno vzájemné blokování hlavních kontaktů a zemnicích nožů. Během práce při rekonstrukci rozvodny jsou pro zajištění bezpečnosti také využity zkratovací soupravy VVN.

Rozvodna HRCE která byla dříve napájena z uzlu PRN z T202 bude nyní napájena z uzlu KLT z T402. Toho dosáhneme sepnutím příčné spojky mezi sběrnami A-B v HRNE.

Vypnuto V577, V578 - záložní napájení:

Pokud by došlo k poruše na T402 KLT tak bude HRCE a další dotčené rozvodny nyní napájeny jeho paralelním transformátorem T401 KLT. Je tedy nutné provést v KLT sepnutí příčné spojky mezi sběrnami W2 - W3.

Vypnuto V553, V554 - základní napájení:

Současně také nebudou v provozu vedení V553, V554, které napájejí oblast HDLN. Tyto vedení jsou také vypnuty a zajištěny jako v předchozím případě. HDLN zůstanou napájené z uzlu PRN ovšem z části, která se bude rekonstruovat až v další etapě. Přesněji z T201 PRN přes vedení V581, V582 ve směru DLUH a dále přes vedení V583 směřujícího do HDLN. V tomto kroku není nutná žádná manipulace, oba paralelní transformátory napájeli totiž stejnou přípojnici B a tudíž při výpadku (vypnutí) jednoho z nich převezme zatížení ten druhý. Zvýší se zatížení na vedení V581, V582, V583 a transformátoru T201 (podle schématu je vývod vedení V583 v DLUH a HDLN zapnutý). V podstatě je HDLN napájena nepřímo přes rozvodnu DLUH a místo z T202 PRN, je napájena z T201 PRN.

Vypnuto V553, V554 - záložní napájení:

V případě výpadku T201 PRN by se muselo využít napájení z jiné uzlové oblasti. Nabízí se zde napájení z uzlu OTR. Tento krok by musel být řešen ve spolupráci s E. ON Distribuce, a.s. Nebylo možné ověřit, který transformátor (T401, T402, nebo T403) z OTR napájí přes V573 RYLV a zda by tyto transformátory (včetně V573) nebyli přetíženy, kdyby byli využity také pro napájení uzlu PRN. Rozvodna PRN by byla napájena z uzlu OTR přes vedení V571. Vývod tohoto vedení je nutné zapnout pomocí výkonového vypínače v RYLV (případně zapnout tento vývod také v PRN).

Vypnuto T202 - základní napájení:

Za T202 přebere jeho zatížení paralelní transformátor T201 PRN, který se nachází v části rozvodny, která ještě není rekonstruována. Není nutná žádná manipulace, jak již bylo řečeno oba transformátory napájeli stejnou přípojnici B.

Vypnuto T202 - záložní napájení:

V podstatě se jedná o již zmíněné napájení z uzlu OTR přes vedení V571.

6.6.1. Kontrola n- 1 v 1. etapě rekonstrukce rozvodny Prosenice 123 kV

Pro případ napájení HRCE z uzlu KLT je nutné zkontrolovat, zda nedochází k přetížení vedení a transformátoru směrem ke zdroji. Při výpadku V5662 převezme zatížení jeho paralelní vedení V5561. Na tom nyní vrostе zatížení z cca. 30 % na 60 % a na transformátorů T402 KLT vrostе zatížení z 28 % na 38 %. Při výpadku T402 KLT přebere jeho zatížení T401 KLT. Na T401 vzroste zatížení z 18 % na 56 %.(ve schématu Příloha č. 46 není uvedené zatížení těchto vedení ani jejich procentní zatížení, proto ho bylo nutné spočítat s toku činného a jalového výkonu podle příkladu uvedeného v kap. 5.1.) Při vypnutí T202 PRN vrostе zatížení na T201 ze 43 % na 69 %. Při výpadku V582 vzroste zatížení na V581 ze 40 % na 80 % a T201 bude zatížen na 70%. Při výpadku T201 PRN bude PRN a oblasti, které byli z ní napájeny nyní napájeny z uzlu OTR. Nebylo možné zjistit, zda nedojde k jejich přetížení případně k přetížení vedení V573. Aby nebyla tak rozsáhlá oblast napájena z jednoho uzlu provedlo se menší odlehčení. Vedení v HDLN V570, V583 se vypnuli pomocí výkonového vypínače a v CERV se sepnula příčná spojka mezi sběrnami A - B. Tímto krokem se přepojili odběry OLCS, HDLN a LUTN z PRN resp. OTR na uzel KRA.

Tab. č. 23. Kontrola kritéria $n-1$ v 1. etapě rekonstrukce (Příloha č. 1, Příloha č. 44, Příloha č. 45, Příloha č. 46, Příloha č. 47, Příloha č. 49)²

Pozn.: Hodnota I_{\max} u přenosových transformátorů se uvažuje ze strany vyššího napětí - ZVN													
Zařízení VVN	Maximální proud	Současný stav		Zatížení v 1. etapě bez odlečení		Výpadek V5662		Výpadek T402 KLT		Výpadek V582		Výpadek T201 PRN	
Typ	I_{\max}	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$
(-)	(A)	(A)	(%)	(A)	(%)	(A)	(%)	(A)	(%)	(A)	(%)	(A)	(%)
V5661	820	155,1	18,9	242,2	29,5	491,6	60	238,4	29,1	242,2	29,5	Zatížení převedeno na uzel OTR	
V5662	820	158,4	19,3	245,5	29,9	0	0	241,4	29,4	245,2	29,9		
T401KLT	502	90,4	18	90,4	18	90,4	18	281,1	56	90,4	18		
T402KLT	502	140,6	28	190,8	38	190,8	38	0	0	190,8	38		
V581	820	171,1	21	326,1	40	326,1	40	326,1	40	656,3	80		
V582	820	171,1	21	326,1	40	326,1	40	326,1	40	0	0		
T201PRN	502	215,9	43	346,4	69	346,4	69	346,4	69	351,4	70		
T202PRN	502	215,9	43	0	0	0	0	0	0	0	0		

2. Etapu: pole 07 až 12, provizorní portál v poli 05, rok 2013

Rekonstrukce z první etapy jsou již kompletně vyhotoveny a mohou být případně využity v této etapě. Provizorní portál z pole č. 12 je již odstraněn. Pro zachování částečné funkčnosti rozvodny je v poli č. 5 vložen provizorní portál. Z pole č. 7 až 12 jsou odstraněny staré lanové přípojnice AlFe a nahrazeny novými. Je zde možné využít zrekonstruovaný úsek č. 13 až č. 17 (pole č. 18 je rezervní a nemá vybavenou odbočku) případně za pomoci pomocné přípojnice využít úsek č. 1 až č. 5 popř. č. 6 (v poli č. 5 je provizorní portál, pole č. 1, č. 2 a č. 6 jsou rezervní). Tato etapa se dotkne paralelního vedení V581, V582 dále vedení V571, přenosového transformátorů T201 a konzumního transformátorů T102. Tyto vedení a transformátory nebudou moci být využity a budou vypnuty a zajištěny zemnicími noži.

Vypnuto V571 - základní napájení:

Vedení V571 tvoří záložní napájení pro rozvodnu RYLV (Rychlov) a v normálním stavu je vypnuté. RYLV je v bezporuchovém stavu napájen z uzlu OTR po vedení V573, proto není nutné provádět žádné manipulace pro zajištění napájení rozvodny RYLV.

Vypnuto V571 - záložní napájení:

Záložní napájení rozvodny RYLV při výpadku V573 je řešeno převedením odběru po VN síti na okolní rozvodny. Nabízí se zde rozvodny HULN, CHRO a SLUS (Slušovice). Není zde možné provést konkrétní přerozdělení zatížení a zjistit zda nedochází k přetěžování, jelikož se již nacházíme na území E. ON Distribuce, a.s.

Vypnuto V581, V582 - základní napájení:

Paralelní vedení V581 V582 v normálním stavu napájejí z PRN (T201) rozvodnu

DLUH. Tyto vedení a transformátor jsou nyní vypnuty. DLUH zůstanou napájeny z uzlu PRN ovšem z transformátoru T202. Ten převezme zatížení za T201 (žádné manipulace nejsou zapotřebí oba transformátory napájeli stejnou přípojnici B). DLUH jsou napájeny v podstatě „naokolo“ vedením V554, V553 směřujícího do HDLN a odtamtud vedení V583 do DLUH.

Vypnuto V581, V582 - záložní napájení:

Jestliže by byl v poruše transformátor T202 PRN bylo by napájení zajištěno z uzlu KLT z T402. V HRNE je nutné sepnout příčnou spojku mezi sběrnami A - B. Předpokladem je zde že vývody V577, V578 budou zapnuty na obou konci (v normální stavu tomu tak je).

Vypnuto T201 - základní napájení:

Stejně jako v případě odstavce (Vypnuto V581, V582 - základní napájení). Zatížení přebere T202, který je znovu zapnut pomocí výkonového prvku na nově zrekonstruovaný úsek přípojníc č. 13 - č. 17. Není nutná žádná manipulace. Současně T202 PRN napájí přes pomocnou přípojnici konzum T101 (manipulace viz. Vypnuto T102 - základní napájení) a také napájí V553, V554, V577, V578 a také napájí rozvodny, které byli napájeny z V581, V582 z T201.

Vypnuto T201 - záložní napájení:

Stejně jako v případě odstavce Vypnuto V581, V582 - záložní napájení tzn. napájení převezme T402 KLT.

Vypnuto T102 - základní napájení:

Poslední zařízení, které bude v této etapě mimo provoz je konzumní transformátor T102. Tento konzum je v normálním stavu odpojen, a tudíž nebude žádná oblast v případě jeho výpadku bez napájení. Ovšem bude nutné zajistit napájení pro T101. Jelikož je mezi T101 a T202 rekonstruovaný úsek hlavních přípojníc, musí se využít pomocná přípojnice. Sběrna B je napájena z T202 PRN, na ní jsou připojeny paralelní linky V553, V554 přes, které napájím HDLN a z této rozvodny přes V583 napájím DLUH. Z DLUH poté napájím odbočku V581, ovšem pouze po pomocnou přípojnici (během rekonstrukce je rozpojený výkonový vypínač v této odbočce). Z pomocné přípojnice mám již připravenou cestu pro napájení sběrný A (T101 je dopředu převedeno se sběrný B na A, mohlo by zůstat i na sběrně B, ale nesměla by se již přes pomocnou přípojnici převádět další odbočka) na které je zapojen konzum T101. Kombinovaná spojka musí být sepnuta mezi sběrnami P a A (sepnou v poli příčné spojky přípojnícový odpojovač QA - poté odpojovač pomocné přípojnice v odbočce V581(včetně druhého QP) a poté zapnu výkonový vypínač QM v poli příčné spojky). (viz. Příloha č. 54).

Vypnuto T102 - záložní napájení:

Pokud by došlo k výpadku T101 byl by odběr $P = 1,7 \text{ MW}$ a $Q = 0,2 \text{ MVar}$ převeden po VN síti na rozvodnu HRNC. Na výběr zde máme ze tří konzumních transformátorů T101, T102, T103. Ovšem nelze to jen tak převést na libovolný konzum záleží na vzájemné propojení rozvoden PRN a HRCE resp. na vedení VN, které tyto rozvodny spojují a taky na jejich

současném zatížení. Zatížení se budeme snažit přenést na pokud možno méně zatížený konzum. Ideální je přenést odběr na T101, který zde slouží jako záložní (nezatížen v normálním stavu) případně T103, který je zatížen méně.

6.6.2. Kontrola n- 1 ve 2. etapě rekonstrukce rozvodny Prosenice 123 kV

Kontrola probíhala pro vedení a transformátory, které převzali zatížení za vedení a transformátory, které jsou v této etapě mimo provoz. Bylo již řečeno, že V571 je záložní pro rozvodnu RYLV, během rekonstrukce je toto vedení vypnuto. Pokud by vypadlo i V573, které tvoří základní napájení z uzlu OTR pro rozvodnu RYLV, tak by se z rozvodny převedl veškerý odběr na okolní rozvodny po VN síti. Jelikož tato oblast patří již pod správu E. ON Distribuce, a.s. nebylo možné ověřit, zda po převedení odběru po VN síti nebudou přetížené vedení na které bylo přeneseno zatížení a transformátory, které je napájejí. Při vypnutých vedeních V581, V582 bylo za tyto vedení zajištěno napájení pomocí V553, V554. Pokud by došlo k výpadku V554 došlo by k přetížení V553. Zatížení vzrostlo s 62 % na 127 %. Bylo nutné provést nějaké odlehčení (viz. Příloha č. 52). V rozvodně CERV se sepnula příčná spojka mezi sběrnami A - B a v rozvodně HDLN se převedli vedení V553, V554, V583, V570 se sběrnou A na sběrnou B. Tím pádem je v HDLN přípojnice A napájena z KRA a přípojnice B z PRN. Díky těmto krokům se uzel PRN odlehčil o OLCS a LUTN. Ty jsou nyní napájeny z uzlu KRA. U T202 při převzetí zatížení za T201 vzrostlo zatížení ze 43 % na 88 %. Zatížení 88 % je myšleno bez odlehčení o OLCS a LUTN a tudíž bude zatížení ještě nižší. Při výpadku T202 PRN bude celá oblast, která byla dříve napájena z tohoto uzlu (včetně OLCS a LUTN) nyní napájena z transformátorů T401 z uzlu KLT. Na T401 KLT vrostle zatížení z 28 % na 81 %. Při výpadku T101 bude jeho odběr $P = 1,7 \text{ MW}$ a $Q = 0,2 \text{ MVar}$ převeden po VN síti na rozvodnu HRNC.

Tab. č. 24. Kontrola kritéria n-1 ve 2. etapě rekonstrukce (Příloha č. 1, Příloha č. 50, Příloha č. 51, Příloha č. 53)²

Pozn.: Hodnota I_{\max} u přenosových transformátorů se uvažuje ze strany vyššího napětí - ZVN											
Zařízení VVN	Maximální proud	Současný stav		Zatížení ve 2. etapě bez odlehčení		Výpadek V554		Výpadek T202 PRN		Výpadek T101 PRN	
Typ	I_{\max}	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$	I	$I_{\%}$
(-)	(A)	(A)	(%)	(A)	(%)	(A)	(%)	(A)	(%)	(A)	(%)
V5661	820	155,1	18,9	155,1	18,9	155,1	18,9	596,2	72,7	Odběr 1,7 MW 0,2 MVar převeden po VN síti na HRCE	
V5662	820	158,4	19,3	158,4	19,3	158,4	19,3	599,2	73,1		
T401KLT	502	90,4	18	90,4	18	90,4	18	90,4	18		
T402KLT	502	140,6	28	140,6	28	140,6	28	406,6	81		
V578	820	85	10	85,8	11	86,1	11	347,4	42		
V577	820	85	10	85,8	11	86,1	11	347,4	42		
V554	530	152,7	29	329,6	62	0	0	342,7	65		
V553	530	152,7	29	329,6	62	672,2	127	342,7	65		
T201PRN	502	215,9	43	0	0	0	0	0	0		
T202PRN	502	215,9	43	441,8	88	446,8	89	0	0		

3. Etapa: pole 01 až 06, rok 2013

Předešle rekonstrukce jsou již vyhotoveny a dotčené vedení a transformátory jsou pomocí výkonového prvku spojeny z nově zrekonstruovanými přípojnici. Tato etapa rekonstrukce se dotkne pouze konzumního transformátoru T101, který je na primární straně vypnutý.

Vypnuto T101 - základní napájení:

Tato etapa se dotkne pouze konzumu T101. Jeho zatížení převezme konzum T102. Transformátor T102 je v normálním provozu vypnutý, proto musí být zapnutý výkonovým vypínačem na přípojnici B. Manipulace pro převzetí zatížení se provádí na straně VN jsou v podstatě obdobné, jako se provádí na straně VVN. (Pozn. nemám k dispozici schéma rozvodny VN PRN, proto nejsou popsány podrobněji). Nejprve se provede vypnutí konzumu T101 na straně VVN. Poté se na straně VN připraví cesta pomocí odpojovačů pro převedení na společnou sběrnou z T102 a následně se zapne výkonový vypínač na straně VN a jelikož je vypnutý T102 tak i na straně VVN, tak se zapne i zde. Jelikož se oba transformátory liší v instalovaném výkonu, bude zde i jiné procentní zatížení. Transformátor T101 má instalovaný výkon 16 MVA a T102 25 MVA. Transformátor T102 převezme 1,2 MW činného výkonu a 0,2 MVar jalového výkonu. Procentní zatížení odpovídá 7 % svého instalovaného výkonu. (viz.

Příloha č. 55)

Vypnuto T101 - záložní napájení:

V případě, že by došlo k výpadku T102 bude nutné odběr $P = 1,7 \text{ MW}$ a $Q = 0,2 \text{ MVar}$ převést po VN síti na okolní rozvodnu HRNE. Zde máme na výběr 3 konzumní transformátory T101, T102, T103. Ovšem nelze to jen tak převést na libovolný konzum záleží na vzájemné propojení rozvodů PRN a HRCE resp. na vedení VN, které tyto rozvodny spojují a taky na jejich současném zatížení. Zatížení se budeme snažit přenést na pokud možno méně zatížený konzum. Ideální je přenést odběr na T101, který zde slouží jako záložní (nezatížen v normálním stavu) případně T103, který je zatížen méně (viz. *Příloha č. 56*)

7. Kontrola možnosti současné realizace jednotlivých rekonstrukcí

Kontrola se zaměřovala na to, zda se neovlivňují napájení během jednotlivých rekonstrukcí případně etap. V případě *Tab. č. 25* je-li uvedeno, že lze současně provádět realizaci s daným zařízením, je to myšleno tak, že dané oblasti jsou na sobě nezávislé na napájení i během rekonstrukcí resp. každý z nich je napájen z jiné uzlové oblasti. Rekonstrukce

vedení V587, V588, V572 v úseku RAJK - MOHE - CERV nelze současně provádět s rekonstrukcí rozvodny PRN 110 kV a to z důvodu:

- a) V 1. etapě rekonstrukce vedení V587, V588, V572 napájí rozvodna PRN rozvodny CERV, UNEX, STER a MOHE.
- b) Ve 2. etapě rekonstrukce vedení V587, V588, V572 napájí rozvodna PRN rozvodny CERV, UNEX, STER.

Výměna transformátor T402 NOS nelze současně provádět s výměnou transformátorů T202 LIS a to z důvodu:

- a) Transformátor T202 LIS slouží jako záložní napájení (společně s ALB) při výpadku obou transformátorů v NOS.

Tab. č. 25. Možnost současné realizace jednotlivých rekonstrukcí zařízení 110 kV

Možnost současné realizace jednotlivých rekonstrukcí zařízení 110 kV		Vedení		Transformátor			Rozvodna
		V595,V596 RAJK - SUMP	V587,V588,V572 RAJK - MOHE - CERV	T402 NOS	T202 LIS	T101 FRYO	110 kV PRN
Vedení	V595,V596 RAJK - SUMP	-	Lze	Lze	Lze	Lze	Lze
	V587, V588,V572 RAJK - MOHE - CERV	Lze	-	Lze	Lze	Lze	Nelze
Transformátor	T402 NOS	Lze	Lze	-	Nelze	Lze	Lze
	T202 LIS	Lze	Lze	Nelze	-	Lze	Lze
	T101 FRYO	Lze	Lze	Lze	Lze	-	Lze
Rozvodna	PRN 110 kV	Lze	Nelze	Lze	Lze	Lze	-

8. Závěr

Tato diplomová práce se zabývá návrhem zapojení DS při provádění rekonstrukcí jednotlivých zařízení VVN (transformátorů, vedení) popřípadě rekonstrukcí rozvodny.

Teoretická část se zaměřuje na rozdělení elektronergetických sítí včetně popisu hledisek, které musí být splněny při jejich dimenzování. Jsou zde stručně popsána pravidla provozování distribučních soustav PPDS a pravidla provozování přenosových soustav PPPS. Tyto pravidla musí schválit energetických regulační úřad ERU a provozovatele distribučních (včetně lokálních) a přenosových soustav jsou vázáni se jimi řídit. Na závěr teoretické části je popsán legislativní rámec kvality elektřiny, ovšem ne s pohledu kvality provozních parametrů (U , f), ale z hlediska přerušení přenosu nebo distribuce elektřiny (SAIFI, SAIDI, CAIDI).

V praktické části jsem nejprve popsal vybranou oblast sítě 110 kV (region Morava) především tedy jejich uzlové body, včetně stručného popisu současného stavu sítě v této oblasti. V rámci popisu byly uvedeny i nejpoužívanější typy elektrických stanic v tomto regionu. Jelikož se při simulacích pracovalo pouze s výslednými stavy nikoliv prvky (odpojovač, vypínač) samotnými, tak jsem v této kapitole 5.2 popsal na vzorovém příkladu (viz. *Obr. č. 25*) některé základní provozní manipulace v rozvodně, které může provádět dispečer a to ať už dálkově nebo přímo v rozvodně.

Dále jsem řešil, jaké bude zapojení DS při rekonstrukci dvou různých úseků vedení (V595, V596 RAJK - SUMP, V587, V588, V572 RAJK - MOHE - CERV), výměně dvou přenosových transformátorů T202 LIS a T402 NOS, výměně jednoho konzumního transformátorů T101 FRYO a při rekonstrukci rozvodny PRN 110 kV. Simulace pro jednotlivé rekonstrukce byly prováděny na připraveném modelu sítě 110 kV v programu PAS DAISY Off - line. Vstupní data pro výpočet základního ustáleného stavu sítě 110 kV (*Příloha č. 1 - Současný stav sítě 110 kV ZM2013*) vycházeli ze zimního měření provedeného 16. 1. 2013. Cílem této práce nebylo popisovat technické aspekty nových zařízení VVN (např. popisy nových vedení a transformátorů, nebo zda budou vyměněny i stávající stožáry apod.), ale pouze řešit konkrétní zapojení pro konkrétní rekonstrukci.

Při rekonstrukci vedení jsem v podstatě vedení rozdělil na dílčí úseky, které jsem řešil v jednotlivých etapách. Dílčí úseky se řešili vždy od konkrétního odbočného stožáru směrem k dotčené rozvodně. Musel jsem brát v úvahu, že vedení jsou sice paralelní (pro případ poruchy na jednom z nich přebere zatížení druhé), ale jsou také vedeny na společném stožárů, proto musí být při pracích na nich vypnuty obě paralelní linky. V rozvodně se provedlo vypnutí vývodu paralelních vedení a na odbočném stožáru se tyto paralelní linky rozsforkovali. Podél stávající trasy byly vedeny nové vedení s větší přenosovou schopností (větším průřezem).

Z ekonomického hlediska se při návrhu zapojení DS snažíme omezit používání provizorního vedení tzv. by-passu. Tomu jsem se vyhnul v 1. etapě rekonstrukce vedení V587, V588, V572 díky použití spojky mezi dílčími úseky V588b - V587b a ve 2. etapě mezi dílčími úseky V587a - V572b. Spojky byly provedeny na odbočném stožáru MOHE ve všech třech fázích. Ovšem ve 3. etapě rekonstrukce vedení V587, V588, V572 bylo již nutné použít by-pass, jelikož rozvodnu MOHE nelze zálohovat prostřednictvím VN sítě a tudíž by bez použití by-passu zůstala bez napájení. V případě rekonstrukce vedení V595, V596 nebylo nutné by-pass použít v žádné etapě.

Při výměně přenosového transformátoru (T202 LIS, T402 NOS) jsem pro základní napájení využil některý z paralelních transformátorů v dané rozvodně a v případě výpadku paralelního transformátorů jsem zatížení přerozdělil mezi dvě okolní uzlové oblasti.

Při výměně konzumního transformátoru T101 FRYO jsem pro základní napájení využil paralelní konzum T102 a v případě jeho výpadku jsem převedl odběr v rámci VN sítě na okolní rozvodny.

Rekonstrukce rozvodny PRN 110 kV se řeší ve 3. etapách. Pro zajištění funkčnosti odděleného úseku je v 1. etapě vložen provizorní portál do pole č. 12 a ve 2. etapě do pole č. 5. Po každé z etap je provizorní portál odstraněn. V této diplomové práci se řeší pouze rekonstrukce hlavních přípojníc. V každé etapě bylo nutné zajistit napájení pro ty rozvodny, které zůstaly bez napájení z důvodů vypnutých vývodů dotčených vedení v PRN. Také se řeší zajištění napájení samotné rozvodny PRN v části kde ještě rekonstrukce neprobíhá.

Pro každou rekonstrukci jsem uváděl vždy, jaké bude základní napájení a záložní napájení (pro případ výpadku základního). V těchto odstavcích byly popsány manipulace, které musí být provedeny, aby bylo dosaženo tohoto nového napájení. V jednotlivých etapách jsem také uváděl tabulky s hodnotami proudového zatížení (včetně procentního zatížení), vedení před rekonstrukcí (současný stav), před odlehčením zátěže (hodnoty získané při návrhu nového zapojení - v této části jsem ještě nevěděl, zda při výpadku vedení nebo transformátoru nedojde k porušení n-1) a s odlehčením zátěže (hodnoty při odlehčení části sítě pro dodržení kritéria n-1). V jednotlivých kapitolách kontrola n-1 byly uvedeny jaké budou hodnoty při jednotlivých výpadech vedení popřípadě transformátorů. V případě přetížení některého s prvků jsou zde popsány manipulace pro odlehčení části sítě, abychom se přetížení zbavili.

Na závěr této práce jsem provedl kontrolu možnosti současné realizace jednotlivých rekonstrukcí. Kontrola spočívala v tom, že se porovnali v křížové tabulce jednotlivé rekonstrukce a zjišťovalo se, zda se neovlivňují napájení během jednotlivých rekonstrukcí případně etap. S negativním výsledkem vyšla rekonstrukce vedení V587, V588, V572 současně s rozvodnou PRN 110 kV, protože se v 1. a 2. etapě rekonstrukce vedení využívá PRN pro

napájení okolních rozvodů místo rozvodny KRA. Posledním negativním výsledkem současné realizace je současná výměna transformátorů T202 LIS a T402 NOS, protože T202 LIS slouží jako záložní napájení při výpadku obou transformátorů v NOS.

Rekonstrukce teprve budou probíhat (2014 - 2016) v případě, že by společnost ČEZ Distribuce, a.s. neměla ještě zpracovaný technický projekt, týkající se zapojení DS pro rekonstrukce popsané v této práci (již má vypracovaný vlastní projekt) mohla by vycházet z této diplomové práce. Dále by bylo možné tuto práci využít jako přídatnou studijní podporu při výuce předmětu zabývající se podobnou problematikou (Elektrické stanice a vedení, Řízení elektrizačních soustav).

S podobnou prací jsem se na naší škole nebo jiných externích pracovištích v letošním roce nesetkal. Ovšem v roce 2010 byla uvedena na škole práce zabývající se také návrhem zapojení DS po dobu plánovaných rekonstrukcí, jenomže pouze pro jedno zařízení VVN (rozvodu 110 kV Albrechtice).

Seznam příloh:

Příloha č. 1 - Současný stav sítě 110 kV ZM2013

Výměna transformátoru VVN/VN T101 rozvodna Frýdlant (FRYO)

Příloha č. 2 - Základní napájení - Výpadek T101 FRYO

Příloha č. 3 - Frenštát rozvodna 22 kV

Příloha č. 4 - Frýdlant rozvodna 22 kV

Příloha č. 5 - Riviera rozvodna 22 kV

Příloha č. 6 - Rožnov rozvodna 22 kV

Rekonstrukce vedení V595, V596 v úseku RAJK – SUMP

Příloha č. 7 - 1. etapa rekonstrukce RAJK-SUMP bez odlehčení zátěže

Příloha č. 8 - 1. etapa rekonstrukce RAJK-SUMP s odlehčením zátěže

Příloha č. 9 - 1. etapa rekonstrukce RAJK-SUMP n-1-VYP V5601

Příloha č. 10 - 1. etapa rekonstrukce RAJK-SUMP n-1-VYP V685

Příloha č. 11 - 1. etapa rekonstrukce RAJK-SUMP n-1-VYP V599

Příloha č. 12 - 1. etapa rekonstrukce RAJK-SUMP n-1-VYP V5606

Příloha č. 13 - 1. etapa rekonstrukce RAJK-SUMP n-1-VYP T401 HZI

Příloha č. 14 - 2. etapa rekonstrukce RAJK-SUMP bez odlehčení zátěže

Příloha č. 15 - 2. etapa rekonstrukce RAJK-SUMP s odlehčením zátěže

Příloha č. 16 - 2. etapa rekonstrukce RAJK-SUMP n-1-VYP V5601

Příloha č. 17 - 2. etapa rekonstrukce RAJK-SUMP n-1-VYP V685

Příloha č. 18 - 2. etapa rekonstrukce RAJK-SUMP n-1-VYP V599

Příloha č. 19 - 2. etapa rekonstrukce RAJK-SUMP n-1-VYP V5606

Příloha č. 20 - 2. etapa rekonstrukce RAJK-SUMP n-1-VYP T401 HZI

Rekonstrukce vedení V587, V588, V572 v úseku RAJK - MOHE – CERV

Příloha č. 21 -1. etapa rekonstrukce RAJK-MOHE-CERV bez odlehčení zátěže

Příloha č. 22 -1. etapa rekonstrukce RAJK-MOHE-CERV s odlehčením zátěže

Příloha č. 23 - 1. etapa rekonstrukce RAJK-MOHE-CERV n-1-VYP V585

Příloha č. 24 - 1. etapa rekonstrukce RAJK-MOHE-CERV n-1-VYP V554

Příloha č. 25 - 1. etapa rekonstrukce RAJK-MOHE-CERV n-1-VYP V583

Příloha č. 26 - 1. etapa rekonstrukce RAJK-MOHE-CERV n-1-VYP V581

Příloha č. 27 - 1. etapa rekonstrukce RAJK-MOHE-CERV n-1-VYP T202 PRN

Příloha č. 28 - 1. etapa rekonstrukce RAJK-MOHE-CERV n-1-VYP V585b

Příloha č. 29 - 2. etapa rekonstrukce RAJK-MOHE-CERV bez odlehčení zátěže

Příloha č. 30 - 2. etapa rekonstrukce RAJK-MOHE-CERV s odlehčením zátěže

Příloha č. 31 - 2. etapa rekonstrukce RAJK-MOHE-CERV n-1-VYP V585

Příloha č. 32 - 2. etapa rekonstrukce RAJK-MOHE-CERV n-1-VYP V554

Příloha č. 33 - 2. etapa rekonstrukce RAJK-MOHE-CERV n-1-VYP V583

Příloha č. 34 - 2. etapa rekonstrukce RAJK-MOHE-CERV n-1-VYP V581

Příloha č. 35 - 2. etapa rekonstrukce RAJK-MOHE-CERV n-1-VYP T202 PRN

Příloha č. 36 - 3. etapa rekonstrukce RAJK-MOHE-CERV n-1-VYP V572

Výměna transformátoru PS/DS T202 rozvodna Lískovec (LIS)

Příloha č. 37 - Základní napájení LIS - Výpadek T202 LIS

Příloha č. 38 - Záložní napájení 2 LIS - Výpadek T203 LIS - napájeno z ALB a NOS

Příloha č. 39 - Záložní napájení LIS - Výpadek T203 LIS - napájeno z ALB

Příloha č. 40 - Výpadek T204 LIS

Výměna transformátoru PS/DS T402 rozvodna Nošovice (NOS)

Příloha č. 41 - Základní napájení NOS - Výpadek T402 NOS

Příloha č. 42 - Záložní napájení NOS - Výpadek T401 NOS - napájeno z ALB a LIS - 1. Varianta

Příloha č. 43 - Záložní napájení NOS - Výpadek T401 NOS - napájeno z ALB a LIS - 2. varianta

Rekonstrukce rozvodny Prosenice 123 kV (110 kV)

Příloha č. 44 - 1. etapa rekonstrukce rozvodny PRN - základní zapojení bez odlehčení zátěže

Příloha č. 45 - 1. etapa rekonstrukce rozvodny PRN n-1-VYP V5662

Příloha č. 46 - 1. etapa rekonstrukce rozvodny PRN n-1-VYP T402 KLT

Příloha č. 47 - 1. etapa rekonstrukce rozvodny PRN n-1-VYP V582

Příloha č. 48 - 1. etapa rekonstrukce rozvodny PRN n-1-VYP T202 PRN

Příloha č. 49 - 1. etapa rekonstrukce rozvodny PRN n-1-VYP T201PRN včetně odlehčení OLCS, HDLN a LUTN

Příloha č. 50 - 2. etapa rekonstrukce rozvodny PRN -základní zapojení bez odlehčení zátěže

Příloha č. 51 - 2. etapa rekonstrukce rozvodny PRN n-1-VYP V554

Příloha č. 52 - 2. etapa rekonstrukce rozvodny PRN odlehčení pro -VYP V554

Příloha č. 53 - 2. etapa rekonstrukce rozvodny PRN n-1 -VYP T202 PRN

Příloha č. 54 - 2. etapa rekonstrukce rozvodny PRN -napájení T101 přes pomocnou přípojnicí a přes V581

Příloha č. 55 - 3. etapa rekonstrukce rozvodny PRN - základní zapojení bez odlehčení zátěže -vyp. T101

Příloha č. 56 - 3. etapa rekonstrukce rozvodny PRN - n-1 - vyp. T101 + vyp. T102

Příloha č. 57 - Jednopolové schéma rozvodny Prosenice R 110kV

Příloha č. 58 - Fotografie venkovní rozvodny Prosenice R 110 kV

Seznam obrázků:

Obr. č. 1. Uspořádání elektrizační soustavy [2]	3
Obr. č. 2. Schéma přenosové sítě ČR (rok 2012) [9]	5
Obr. č. 3. Návaznost jednotlivých hladin napětí distribučních soustav [1]	7
Obr. č. 4. Rozdělení distribuční sítě v ČR [2]	8
Obr. č. 5. Schéma průběžné sítě [14]	10
Obr. č. 6. Schéma paprskové sítě nízkého a vysokého napětí [1]	11
Obr. č. 7. Klasická mřížová síť [1]	12
Obr. č. 8. Městská síť [6]	13
Obr. č. 9. Schéma okružní sítě nízkého a vysokého napětí [1]	14
Obr. č. 10. Schéma hřebenové sítě [16]	14
Obr. č. 11. Úbytek napětí na vedení	18
Obr. č. 12. Náhradní schéma T - článku a fázorový diagram T – článku [5]	21
Obr. č. 13. Náhradní schéma II - článku a fázorový diagram II – článku [5]	21
Obr. č. 14. Jednofázový model dlouhého vedení [5]	23
Obr. č. 15. Dvojitý systém přípojníc [6]	34
Obr. č. 16. Dvojitý systém přípojníc, z nichž jedná slouží i jako pomocná [6]	34
Obr. č. 17. Dvojitý systém se samostatnou pomocnou přípojnicí [6]	35
Obr. č. 18. Trojitý systém přípojníc [6]	35
Obr. č. 19. Podélné dělení přípojníc [6]	35
Obr. č. 20. Rozvodny 110 kV střední velikosti [1]	36
Obr. č. 21. Úsporná schémata malých rozvoden 110 kV - H spojení [1]	36
Obr. č. 22. Schémata rozvoden 110 kV s náhradou vypínačů [1]	36
Obr. č. 23. Okružní systém přípojníc - šestiúhelník [6]	37
Obr. č. 24. Okružní systém přípojníc - trojúhelník, čtyřúhelník [6]	37
Obr. č. 25. Dvojitý systém přípojníc s pomocnou přípojnicí [6]	38
Obr. č. 26. Napájení během 1. etapy rekonstrukce RAJK - SUMP	45
Obr. č. 27. Napájení během 2. etapy rekonstrukce RAJK - SUMP	48
Obr. č. 28. Napájení během 1. etapy rekonstrukce RAJK - MOHE - CERV	51
Obr. č. 29. Napájení během 2. etapy rekonstrukce RAJK - MOHE - CERV	54
Obr. č. 30. Napájení během 3. etapy rekonstrukce RAJK - MOHE - CERV	57
Obr. č. 31. Základní napájení při výměně transformátorů T101 FRYO	59
Obr. č. 32. Záložní napájení při výpadku T101 a T102	60
Obr. č. 33. Základní a záložní napájení během výměny transformátorů T202 LIS	64
Obr. č. 34. Základní a záložní napájení během výměny transformátorů T402 NOS	66

Seznam tabulek:

Tab. č. 1. Napěťové úrovně vedení ČEPS a jejich celková délka vedení (rok 2011)[9]	5
Tab. č. 2. Délky vedení jednotlivých distributorů el. energie na různých napěťových hladinách (stav k 1. 1. 2011)[8].....	8
Tab. č. 3. Vztahy pro výpočet úbytku napětí [5]	18
Tab. č. 4. Dovolené normativní úbytky napětí [3]	18
Tab. č. 5. Blondelovy konstanty dlouhého vedení pro T a II článek [5]	21
Tab. č. 6. Volná transformační kapacita na vedeních 110 KV ČEZ Distribuce, a. s - oblast Morava [17].....	40
Tab. č. 7. Volná transformační kapacita na distribučních transformátorech 110 kV/VN ČEZ Distribuce, a. s - oblast Morava [17]	41
Tab. č. 8. Zatížení vedení během první etapy rekonstrukce RAJK - SUMP (Příloha č. 1, Příloha č. 7, Příloha č. 8)	46
Tab. č. 9. Kontrola kritéria n-1 v 1. etapě rekonstrukce (Příloha č. 1, Příloha č. 7, Příloha č. 9, Příloha č. 10, Příloha č. 11, Příloha č. 12, Příloha č. 13)	47
Tab. č. 10. Zatížení vedení během druhé etapy rekonstrukce RAJK - SUMP (Příloha č. 1, Příloha č. 14, Příloha č. 15)	49
Tab. č. 11. Kontrola kritéria n-1 ve 2. etapě rekonstrukce (Příloha č. 1, Příloha č. 14, Příloha č. 16, Příloha č. 17, Příloha č. 18, Příloha č. 19, Příloha č. 20)	50
Tab. č. 12. Zatížení vedení během první etapy rekonstrukce RAJK - MOHE - CERV (Příloha č. 1, Příloha č. 21, Příloha č. 22)	52
Tab. č. 13. Kontrola n-1 v 1. etapě rekonstrukce (Příloha č. 1, Příloha č. 21, Příloha č. 23, Příloha č. 24, Příloha č. 25, Příloha č. 26, Příloha č. 27)	53
Tab. č. 14. Zatížení vedení během druhé etapy rekonstrukce RAJK - MOHE - CERV (Příloha č. 1, Příloha č. 29, Příloha č. 30)	55
Tab. č. 15. Kontrola kritéria n-1 ve 2. etapě rekonstrukce (Příloha č. 1, Příloha č. 29, Příloha č. 31, Příloha č. 32, Příloha č. 33, Příloha č. 34, Příloha č. 35)	56
Tab. č. 16. Kontrola kritéria n-1 ve 3. etapě rekonstrukce (Příloha č. 1, Příloha č. 36)	58
Tab. č. 17. Zatížení vedení při zajišťování základního a záložního napájení rozvodny LIS (Příloha č. 1, Příloha č. 37, Příloha č. 38)	65
Tab. č. 18. Kontrola kritéria n-1 při výměně T202 v LIS (Příloha č. 1, Příloha č. 37, Příloha č. 38, Příloha č. 40)	66
Tab. č. 19. Zatížení vedení při zajišťování základního a záložního napájení rozvodny NOS - Varianta č. 1 (Příloha č. 1, Příloha č. 41, Příloha č. 42)	67
Tab. č. 20. Kontrola kritéria n-1 při výměně T402 v NOS - Varianta č. 1 (Příloha č. 1, Příloha č. 41, Příloha č. 42)	68
Tab. č. 21. Zatížení vedení při zajišťování základního a záložního napájení rozvodny NOS - Varianta č. 2 (Příloha č. 1, Příloha č. 41, Příloha č. 43)	69
Tab. č. 22. Kontrola kritéria n-1 při výměně T402 v NOS - Varianta č. 2 (Příloha č. 1, Příloha č. 41, Příloha č. 43)	70
Tab. č. 23. Kontrola kritéria n-1 v 1. etapě rekonstrukce (Příloha č. 1, Příloha č. 44, Příloha č. 45, Příloha č. 46, Příloha č. 47, Příloha č. 49)	74
Tab. č. 24. Kontrola kritéria n-1 ve 2. etapě rekonstrukce (Příloha č. 1, Příloha č. 50, Příloha č. 51, Příloha č. 53)	76
Tab. č. 25. Možnost současné realizace jednotlivých rekonstrukcí zařízení 110 kV.....	78

Seznam použité literatury:

- [1] HRADÍLEK, Zdeněk. *Elektroenergetika distribučních a průmyslových zařízení*. Ostrava: MONTANEX a.s., 2008. 364 s. ISBN 978-80-7225-291-6.
- [2] TOMAN, Petr; DRÁPELA, Jiří; MIŠÁK, Stanislav; ORSÁGOVÁ, Jaroslava; PAAR, Martin; TOPOLÁNEK, David a kolektiv. *Provoz distribučních soustav* [online]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011 [cit. 2012-11-03]. 265 s. ISBN 978-80-01-04935-8. Dostupné z: < http://k315.feld.cvut.cz/CD_MPO/CVUT-7-Provoz.pdf >.
- [3] KREJČÍ, Petr. *Cvičení z elektroenergetiky*. Ostrava: Fakulta elektrotechniky a informatiky, 2003. Skripta 208 s.
- [4] MÁŠLO, Karel. *Řízení frekvence: Přednáška* [online]. Ostrava, 2007 [cit. 2012-11-02]. 21s. Dostupné z: http://fei1.vsb.cz/kat410/studium/studijni_materialy/res/Prednaska_Rizeni_frekvence3_Maslo.pdf.
- [5] Gurecký, Jiří. *Přenos a rozvod elektrické energie: Učební texty*. Ostrava: Fakulta elektrotechniky a informatiky, 2005.
- [6] SANTARIUS, Pavel. *Elektrické stanice a vedení*. I. vydání. Ostrava: VŠB v Ostravě, 1990. 215 s. ISBN 80-7078-032-0.
- [7] PROCHÁZKA, Radek. *Druhy elektrického silnoprůdového rozvodu*. [online]. 2007 [cit. 2012-11-07]. Dostupné z: < <http://www.tzb-info.cz/4035-druhy-elektrického-silnoprudeho-rozvodu> >.
- [8] ERU - ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Zpráva o kvalitě za rok 2011* [online]. Praha, 2012, 29. 5. 2012 [cit. 2012-11-13]. Dostupné z: <http://eru.cz/user_data/files/Kvalita_elektriny/Zpr%C3%A1va%20o%20kvalit%C4%9B%20za%20rok%202011.pdf>.
- [9] ČEPS - PROVOZOVATEL PŘENOSOVÉ SOUSTAVY ČR. *Údaje o PS: Napěťové úrovně vedení ČEPS a jejich celková délka* [online]. Praha, 2012 [cit. 2012-11-16]. Dostupné z: < <http://www.ceps.cz/CZE/Cinnosti/Technicka-infrastruktura/Stranky/Udaje-o-PS.aspx> >.
- [10] Česká republika. *Vyhláška č. 41/2010 Sb.: Vyhláška o kvalitě dodávek elektřiny a souvisejících služeb v elektroenergetice*. In: Praha: Tiskárna Ministerstva vnitra, 4. 2. 2010, roč. 2010, 15, s. 498-528. ISSN 1211-1244.
- [11] Česká republika. *Pravidla provozování distribučních soustav - Příloha 2: Metodika určování nepřetržitosti distribuce elektřiny a spolehlivosti prvků distribučních sítí*. In: Praha, 2011, s.1-25. Dostupné z: <http://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/energeticka-legislativa/ppds/2011/ppds-2011-priloha-2_def.pdf>.

- [12] Česká republika *Pravidla provozování DS 2012: Základní text + změny*. [online]. [cit. 2012-11-24]. Dostupné z: <http://www.cezdistribuce.cz/cs/energeticka-legislativa/pravidla-provozovani-ds/ppds2012.html> >.
- [13] Česká republika *Pravidla provozování PS 2012: Kodex I - VIII*. [online]. [cit. 2012-11-24]. Dostupné z: <http://www.ceps.cz/CZE/Data/Legislativa/Kodex/Stranky/default.aspx> >.
- [14] RUSEK, Stanislav. *Teoretická elektroenergetika: Učební texty*. Ostrava: Fakulta elektrotechniky a informatiky, 2007. 75 s.
- [15] Česká republika *Pravidla provozování PS 2012: Kodex I - VIII*. [online]. [cit. 2012-11-24]. Dostupné z: <http://www.ceps.cz/CZE/Data/Legislativa/Kodex/Stranky/default.aspx> >.
- [16] NOVÁK, Miroslav. *Požadavky na elektrický silnoprůdý a slaboprůdý rozvod: Prezentace*. [online]. s.1-29 [cit.2012-12-16] Dostupné z: www.mti.tul.cz/files/esy/02_Rozvody.ppt >.
- [17] ČEZ Distribuce, a. s: Volná distribuční kapacita. [online]. [cit. 2013-02-11]. Dostupné z: <http://www.cezdistribuce.cz/cs/technicky-dispecink/volna-distribucni-kapacita.html> >.
- [18] Dokumentace ČEZ Distribuce, a. s: [cit. 2013-03-7].
- [19] DAISY spol. s.r.o: Přehled výpočetních produktů DAISY: [online]. [cit. 2013-03-10]. Dostupné z: <http://www.daisy.cz/daisycz/1024/index.html> >.